

DAS PAMPAPROBLEM IN VERGLEICHEND ÖKOLOGISCHER BETRACHTUNG UND SEINE LÖSUNG¹⁾

HEINRICH WALTER

Mit 9 Abbildungen und 2 Tabellen

Summary: The problem of the Pampa in comparative ecological observation and its solution.

1. The problem of the Pampa arose because it was believed that the climate of the Pampa area is humid. Theoretical reflections appeared to verify this.

2. Accurate observations in the field however, show that there are very many lagoons i.e. shallow lakes and pools, which have no outflow.

3. The water in these basins has very high pH values, of 8 and over, culminating in soda (Na_2CO_3) formation. Solonets-type soda soils with *Distichlis* and other characteristic types are also very widespread in the level lands of the "pampa deprimada" and the "pampa alta".

4. The facts given in 2. and 3. are not compatible with an allegedly humid climate and indeed indicate that potential evaporation must exceed mean annual precipitation.

5. Values of mean potential evaporation (Tank type A) for the province of Buenos Aires made available by the Servicio Meteorológico Nacional clearly show that with the possible exception of the La Plata shore zone, the water balance in the whole of the Pampa area is negative. The Pampa area has a climate similar to a weak semiarid type in which, as is the case in the forest steppe of East Europe, aridity increases from NE to SW.

6. The boundary line between grassland and forest/woodland is not directly determined by climate or soil. The decisive factors are the competitive ability of grassland types on the one hand and tree types on the other. From the standpoint of latitude and climate, the Pampa is most easily comparable with the Prairie in Oklahoma USA. The climatic diagram of Buenos Aires is reminiscent of Oklahoma City.

7. The original Pampa vegetation was formed by grassland associations, which in the NE were very species-rich, becoming poorer towards the SW. It is not necessary to assume that lack of trees can be traced back to human activity (burning) in pre-Columbian times.

The Indians settled primarily the coastal area in the La Plata and it is just here that the most numerous woodland remnants are found. As they possessed no horses, their hunting areas were limited to the coastal zone. The treelessness of the Pampa must be explainable on a natural basis.

¹⁾ Vorliegende Untersuchung wurde durch die offizielle Einladung der Facultad de Agronomía y Veterinaria der Universität Buenos Aires und durch die Unterstützung von seiten des Inst. Nac. de Tecnol. Agropec. (INTA) ermöglicht. Die vorbildliche Organisation der Exkursionen verdanken wir Prof. Ing. O. BOELCKE (Cátedra de Botánica Agrícola). Unsere sachkundigen Begleiter im Pampa-Gebiet waren Dr. A. BURKART, Dr. F. VERVOORST, Dr. E. CANO, Ing. C. P. MOVIA und in Patagonien Ing. J. BRUN, Ing. J. VALLERINI sowie Ing. J. BURGOS. Für das großzügige Entgegenkommen sowie die stete Hilfe und Gastfreundschaft sagen wir allen Genannten und vielen Ungenannten unseren wärmsten Dank. H. und E. WALTER

8. It is false to assume that grasslands always occur in a more arid climate than woodland. The latter are found in a drier climate on the dry boundary of the Pampa, there where the provinces of Buenos Aires and La Pampa meet. With precipitation declining further from 500 mm to 200 mm in the hot arid areas, a vegetation succession on sandy soils begins, like that found in SW Africa. The woodland fades into a tree savanna, then into shrubland and lastly into a bush savanna.

1. Einleitung

Den semiariden Graslandschaften der temperierten Klimazone auf der Nordhemisphäre, den osteuropäisch-sibirischen Steppen und der nordamerikanischen Prärie steht auf der Südhemisphäre in Breiten über 30° nur die ostargentische Graslandpampa gegenüber, wenn wir von den sehr begrenzten Grasflächen im andinpatagonischen Gebiet und dem kleinen Tussock-Grasland in Otago (Neuseeland) absehen.

Beim Vergleich der Graslandpampa mit den Grasländern der Nordhemisphäre müssen wir berücksichtigen, daß die osteuropäisch-sibirischen Steppen alle nördlich vom 45. Breitengrade liegen; sie reichen in Europa bis über 50° N und in Sibirien bis über 60° N. Die amerikanische Prärie beginnt als langer Streifen südlich vom 54. Breitengrad und erreicht im Süden den 30.° nördlicher Br. nicht ganz. Beide Gebiete liegen eingebettet in große Landmassen und zeichnen sich deshalb durch ein kontinentales Klima aus. Demgegenüber liegt das ostargentische Grasland, die Pampa, zwischen dem 31.° und 39.° südlicher Breite²⁾. Es umfaßt nach der letzten von CABRERA (1958) veröffentlichten pflanzengeographischen Karte von Argentinien fast die ganze Provinz Buenos Aires und die angrenzenden Teile der Provinzen Entre Rios, Sante Fé, Cordoba, San Luis und La Pampa. Die Graslandpampa ist das landwirtschaftlich wertvollste Gebiet von Argentinien: 60 % des Viehbestandes und 80 % des Ackerlandes sind hier konzentriert, 95 % der argentinischen Weizenernte werden in der Pampa er-

²⁾ „Pampa“ bedeutet in der Quechua-Sprache ganz allgemein eine baumlose Ebene. In der pflanzengeographischen Literatur hat es sich dagegen eingebürgert, unter „Pampa“ nur das bei der Ankunft der ersten Spanier baumlose ostargentische Grasland zu verstehen. In diesem Sinne wird auch hier die Bezeichnung verwendet (die Provinz La Pampa gehört deshalb zum weitaus größten Teil nicht zur Graslandpampa). Ebenso werden wir unter „Steppe“ nur die osteuropäisch-sibirischen Grasländer und unter „Prärie“ nur die in Nordamerika verstehen.

zeugt, und zwei Drittel der Bevölkerung Argentiniens wohnen in ihr.

Wenn man die USA, ohne die Breitenlage zu ändern, auf die Südhemisphäre überträgt und daneben eine Karte von Argentinien setzt (Abb. 1), so erkennt man, daß die Pampa dem südlichsten Teil der Prärie entspricht im Bereich der Staaten Südkansas, Oklahoma und Nordtexas. Sie grenzt jedoch im Osten direkt an den Atlantischen Ozean und besitzt deshalb ein sehr ausgeglichenes Klima. Schon GRISEBACH (1872) hatte auf dieses „humide“ Klima der Pampa mit einer langen Vegetationsperiode hingewiesen, das nach seiner Ansicht im Widerspruch zu der Baumlosigkeit dieses Graslandes steht, da ja im trockeneren Inneren Waldungen vorhanden sind. Er glaubte, daß die Unregelmäßigkeit der Regen, starke Güsse, die mit Dürreperioden abwechseln und das geringe Eindringen der Niederschläge in den trockenen Boden die eigentlichen Ursachen für den fehlenden Baumwuchs sind. Auch LORENTZ, der viele Jahre im Pampagebiet tätig war, machte sich darüber Gedanken. Damit beginnt die Diskussion des Pampaproblems, die bis auf den heutigen Tag fortgesetzt wurde. Die in den fast 100 Jahren geäußerten verschiedenen Ansichten hat FRENGUELLI ausführlich referiert; sie sollen hier nicht nochmals wiederholt werden.

Betrachten wir allein das Gebiet der Provinz Buenos Aires, so kommen die günstigen Temperaturverhältnisse schon durch folgende Tatsachen zum Ausdruck: In Buenos Aires findet man in den Anlagen nicht nur mediterrane Holzarten, sondern auch die kanarische Dattelpalme (*Phoenix canariensis*) und Citrus-Arten. In Gärten halten in geschützter Lage sogar *Ficus elastica*, *Hibiscus sinensis*, *Bougainvillea*, *Monstera* und *Philodendron*, also schon tropische Arten aus. Auf den Bäumen wächst die epiphytische Bromeliacee *Tillandsia aeranthes*. Demgegenüber läßt sich in den wärmsten Teilen der Steppe nicht einmal der Efeu draußen kultivieren.

Das milde regenreiche Klima geht auch aus dem Klimadiagramm von Buenos Aires hervor, wenn man es mit dem von Oklahoma City in der südlichen Prärie in gleicher Breitenlage vergleicht (Abb. 2). Im Handbuch „La Argentina, suma de Geografía“, Bd. II (1958), wird die entsprechende Klimaprovinz als „templado pampeano“ bezeichnet. In den Sommermonaten November–März liegen die Tagesmittel um 19–23°, im Winter (Mai–August) im Norden der Pampa noch über 10°, im Süden etwas darunter. Doch treten zu jeder Jahreszeit scharfe Witterungsumschläge je nach der Windrichtung ein. An einem Pamperotag (Südwind) wurde im Sommer eine Temperatur von

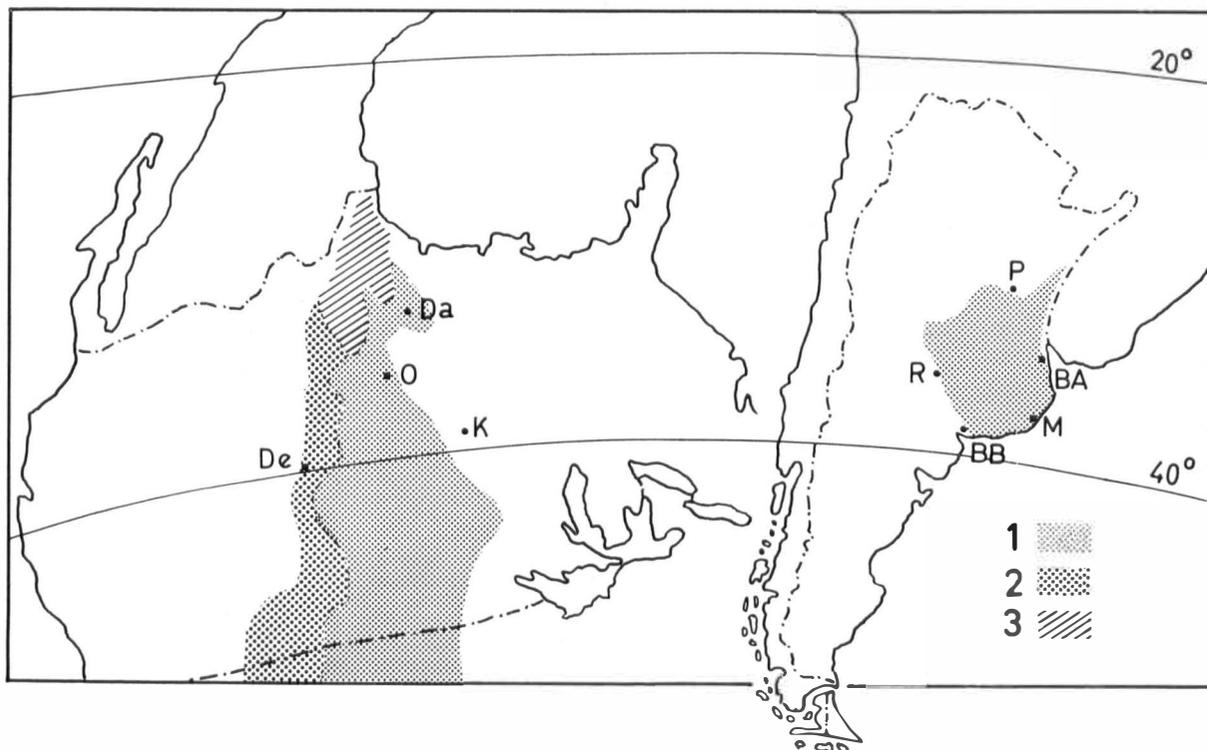


Abb. 1: Lagevergleich der argentinischen Pampa (rechts) und der nordamerikanischen Prärie (links), auf gleiche Süd-breite gedreht

BA = Buenos Aires; M = Mar del Plata; BB = Bahía Blanca; R = Santa Rosa; P = Paraná; K = Kansas City; O = Oklahoma City; D = Dallas; De = Denver

1 Ostargentinische Pampa bzw. Langgrasprärie; 2 Kurzgrasprärie in den USA (mit Pampa nicht vergleichbar, da Höhenlage über 1000 m und Winter sehr kalt); 3 Savanne in tiefen Lagen von Texas (USA)

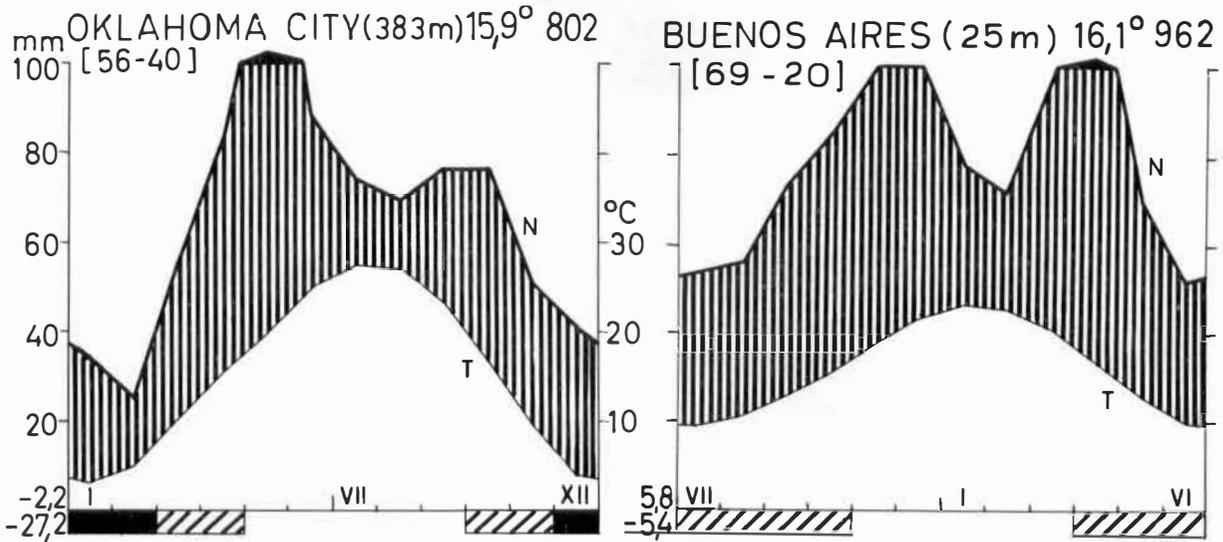


Abb. 2: Klimadiagramme von Buenos Aires und zum Vergleich von Oklahoma City (aus WALTER-LIETH: Klimadiagramm-Weltatlas)

Abzisse = Monate; dicke Linie = mittlere monatliche Niederschläge; dünne Linie = mittlere monatliche Temperaturen.

Da die Niederschlagskurve dauernd über der Temperaturkurve liegt (schraffierte Fläche), fehlt eine extreme Dürrezeit im Sommer; man erhält den Eindruck eines relativ humiden Klimas. Jahrestemperatur (16,1° bzw. 15,9°) und Jahresniederschläge (962 mm bzw. 802 mm) sind ähnlich, aber das Klima von Oklahoma City ist viel kontinentaler (Julitemperatur höher als Januartemperatur in BA), namentlich die Winter sind kälter: Temperatur des kältesten Monats -2,2° C gegenüber +5,8° C in BA, absolutes Minimum -27,2° gegenüber -5,4°; in OC sind 3 Monate kalt (schwarzer Block unter Abzisse) und in 4 Monaten sind Fröste beobachtet worden (schräg schraffiert; in BA fehlen kalte Wintermonate, doch kommen Fröste von April bis Oktober vor.

kaum über 7° gemessen, andererseits lagen die Temperaturen im Winter bei nördlichem Wind an einem extrem heißen Tag zwischen 20 und 28,5°. Fröste können von April bis Oktober sporadisch auftreten, doch sind sie im Paraná-La-Plata-Gebiet selten. Das absolute Maximum in dem Pampa-Gebiet beträgt 45°, das absolute Minimum -11,5°.

Die Niederschläge betragen im Nordosten um 1000 mm und sinken im äußersten Südwesten auf 500 mm. Sie sind über das Jahr gut verteilt mit einem Maximum im Herbst und einem zweiten kleineren im Frühjahr. Die Luftfeuchtigkeit ist im Paraná-La-Plata-Gebiet relativ hoch, im Mittel 70%, die absolute Dampfspannung schwankt zwischen 8 mm im Winter und 11 mm im Sommer.

Aus diesem Grunde erscheinen einem die Sommertage in Buenos Aires feucht und schwül. Man darf aber nicht vergessen, daß solche Tage für die Pflanzen, die keine eigene Körpertemperatur besitzen, relativ trocken sind, weil für sie das Sättigungsdefizit maßgebend ist und dieses bei hohen Temperaturen (selbst bei hoher Feuchtigkeit) relativ groß ist (vgl. WALTER 1964, S. 86).

2. Ist die Pampa ein humides Gebiet?

Vor der Besiedlung durch Europäer war die Pampa ein baumloses Grasland; darüber besteht kein Zweifel. Das wird durch die ältesten Berichte einstimmig bestätigt. Sehr auffallend ist deshalb die Tatsache,

daß angepflanzte Bäume in der Pampa gut gedeihen. Es sind nicht nur die in der Steppe häufig gepflanzten Arten, wie *Robinia pseudacacia*, *Gleditschia triacanthos*, *Acer negundo*, *Ulmus pumila*, sondern auch *Eucalyptus globulus*, *Eu. camaldulensis*, *Melia azedarach*, *Casuarina*- und *Cupressus*-Arten u. a., welche letztere wieder ein Zeichen für die milden Winter sind.

In der ersten Zeit wurde vor allen Dingen der Ombú (*Phytolacca dioica*) gepflanzt, der seinen natürlichen Standort in den Gehölzen an den Uferhängen zum Paraná hat. Dieser unförmige „Baum“ mit dicken Seitenästen ist kein richtiger Baum, weil er kein Stammholz bildet, sondern anomales Dickenwachstum aufweist. Die verwandte Kermesbeere (*Phytolacca decandra*) ist ein Kraut.

Das gute Gedeihen der Bäume in der Pampa war mit ein Grund für SCHMIEDER (1927), die Ansicht zu äußern, daß es sich bei der Pampa nicht um ein natürliches Grasland handelt, sondern um ein sekundäres, anthropogen bedingtes, entstanden schon in vorkolumbianischer Zeit durch ständige von Indianern angelegte Feuer. Diese Ansicht wurde scharf abgelehnt (KÜHN, 1929; FRENGUELLI, 1941; PARODI, 1939, 1942; CABRERA 1945) und hat im Lande selbst keine Anhänger gefunden. Aber auf den Mitteleuropäer, namentlich wenn er die Pampa im Frühjahr bereist und den Frühjahrsaspekt der Steppe und Prärie nicht kennt, macht die Pampa einen so humiden, wiesenähnlichen

Eindruck, daß die Ansicht von SCHMIEDER neuerdings von ELLENBERG (1962) unterstützt wurde.

Wir wollen deshalb die Frage, wie humid die Pampa ist, genauer untersuchen.

Die Abgrenzung des ariden Teiles Argentinien von dem humiden Teile ist oft vorgenommen worden, wobei verschiedene Kriterien benutzt wurden.

1. Zunächst hat man einfach die 500 mm Isohyete als Grenzlinie betrachtet. Sie verläuft von Bahia Blanca nach Nordosten, umfaßt den nordwestlichen Teil von der Prov. La Pampa, den westlichen der Prov. San Luis, den größten Teil der Prov. Cordoba und einen Teil vom Chaco.

Das humide Gebiet würde in diesem Fall fast an die Wüste heranreichen, was offensichtlich falsch ist.

2. In dem großen Werk von WILHELMY u. ROHMEDER „Die La Plata-Länder“ (1963) wird die nach LAUER berechnete Trockengrenze benutzt, die die Gebiete mit weniger als 6 Trockenmonaten im Jahr von denen mit mehr als 6 Monaten trennt. Diese Linie verläuft etwas östlicher als die 500 mm Isohyete, umfaßt jedoch immer noch einen großen Teil der Prov. Pampa und Santa Fé.

3. Nach der Einteilung von KÖPPEN gehört das Pampa-Gebiet zum Cf-Typus, müßte also ebenfalls als ein humides Gebiet betrachtet werden. Dasselbe gilt auch, wenn man die Indices nach DE MARTONNE berechnet (vgl. dazu GALMARINI 1961).

4. Auf der neuesten Karte der Winterregengebiete, die von der UNESCO kürzlich veröffentlicht wurde, hat die Prov. Buenos Aires dieselbe Signatur erhalten, wie das feuchteste Gebiet in Süd-Chile um Valdivia und auf der Insel Chiloé. Es wird als „temperiert axerisch“ bezeichnet.

5. Im Handbuch „La Argentina“, Bd. II, wird mit Recht darauf hingewiesen, daß es bei der Trockengrenze stets auf die Wasserbilanz ankommt, d. h. auf das Verhältnis von Niederschlag zur Verdunstung. Für letztere werden deshalb die Evapotranspirationswerte benutzt, die BURGOS und VIDAL nach der THORNTHWAITESchen Formel für die verschiedenen Stationen in Argentinien berechneten. Die Grenze, an der die Evapotranspiration gerade gleich der mittleren Niederschlagshöhe ist, verläuft dabei noch weiter östlich. Zum humiden Gebiet gehören jetzt nur noch die östlichen zwei Drittel der Provinz Buenos Aires und der südliche Teil der Prov. Santa Fé und Entre Rios, also nicht mehr die gesamte Grasland-Pampa. Das Klima des östlichen Teiles der Pampa wird dabei nach THORNTHWAITE als *subhumid feucht* und das des westlichen Teiles als *subhumid trocken* bezeichnet. Die Evapotranspiration wurde im nördlichen Teil der Pampa zu 950 mm (Buenos Aires etwa 825 mm) und im südlichen zu 750 mm berechnet. Daraus ergab sich für die östliche Pampa ein Überschuß an Niederschlägen von etwa 150–200 mm.

Allerdings ist bekannt, daß die THORNTHWAITESche Formel in vielen Gebieten Werte ergibt, die den

tatsächlichen nicht entsprechen und meist viel zu niedrig sind. Deshalb wurden viele andere Formeln aufgestellt, die jedoch ebenfalls nur für bestimmte Klimagebiete gelten. Berechnet man für ein bestimmtes Gebiet die Evaporation nach den verschiedenen Formeln, so können sich Differenzen von weit über 100 % ergeben, woraus man die Fragwürdigkeit solcher Berechnungen ersieht.

Besonders deutlich geht das aus der Zusammenstellung von PAPADAKIS (1962) hervor (dort Literatur angegeben). THORNTHWAITE ging von der Annahme aus, daß bei einer optimalen Wasserversorgung einer geschlossenen Pflanzendecke die Evapotranspiration nur von der zur Verfügung stehenden Energie abhängt und deshalb von der Art der Pflanzendecke unabhängig ist. Auch PENMAN vertritt diese Ansicht. PAPADAKIS weist zunächst nach, daß diese Annahme nicht den Tatsachen entspricht. Der Wasserverbrauch der verschiedenen Pflanzen ist selbst, wenn sie nicht unter Wassermangel leiden, durchaus nicht gleich. BLANEY-CRIDDLE fand z. B. folgende Verhältniszahlen für den Wasserbedarf der einzelnen Kulturen unter gleichen Bedingungen: Citrus-Plantagen 0,60, Baumwolle 0,65, laubabwerfende Obstbäume 0,70, Kartoffeln 0,75, Graswiesen 0,75, Wintergetreide 0,75, Mais 0,80, Luzerne 0,85, Reis 1,20, natürliche Vegetation 1,20, d. h., die Werte differieren wie 1 : 2. Nach 6jährigen Versuchen in Holland verbrauchte eine niedrige Vegetation 448 mm pro Jahr, eine laubabwerfende Gebüschvegetation 416 mm, ein Nadelwald 537 mm, während nach PENMAN die Evapotranspiration zu 614 mm berechnet wurde. Der Jahresniederschlag von 832 mm genügte für eine ständig gute Wasserversorgung. Es ist deshalb nicht möglich, eine potentielle Evapotranspiration zu berechnen, die unabhängig von der Art der Pflanzendecke ist, und es scheint richtiger zu sein, als Standardwert die direkt gemessene Evaporation einer freien Wasserfläche zu verwenden (vgl. S. 191). Die Zahl der vorgeschlagenen Formeln, nach denen der potentielle Wasserverbrauch berechnet wird, erreicht fast 20. Bei der Aufstellung dieser Formeln ging man von ganz verschiedenen Voraussetzungen aus und legte den Berechnungen entweder Temperaturwerte, oder die Strahlung oder die Sättigungsdefizite der Luft zugrunde.

Vergleicht man die für bestimmte Stationen berechneten Werte unter Verwendung der Formeln von THORNTHWAITE, BLANEY-CRIDDLE, PENMAN, TURC, PRESCOTT und PAPADAKIS, so findet man folgende Schwankungsbereiche (in mm):

Washington D. C., USA	642–1209
Pueblo, Colorado, USA	536–1259
Yuma, Arizona, USA	1015–2477
London, England	511–1094
Helsinki, Finnland	273–905
Paris, Frankreich	559–1114
Athen, Griechenland	845–1347
Puno, Peru (382 m NN)	450–853
Rivadavia, Selta, Argentinien	1033–2148
Rio Cuarto, Cordoba	670–1335
Mendoza, Argentinien	668–1324
Cipoletti, Rio Negro, Argentinien	629–1304
Bariloche, Rio Negro, Argentinien	495–1038
Srinagar, Kaschmir	587–1206
Nagpur, Indien	1306–2360
Kayes, Senegal	1553–3055
Adelaide, S-Australien	697–1380

Melbourne, Victoria	634–1283
Griffith, New South Wales	757–1361
Alice Springs, Australien	904–2303
Waipiatu, Neuseeland	509– 622

Für humide Gebiete sind die Formeln von THORNTHWAITE und PENMAN vielleicht brauchbar. Sie versagen jedoch völlig in den ariden Gebieten. Die Werte sind zu niedrig. Hier sind die Formeln von BLANEY-CRIDDLE und PAPADAKIS besser.

Für Yuma liegen experimentelle Daten vor (2318 mm), die mit dem Wert nach PAPADAKIS (2477 mm) gut übereinstimmen, während die Werte nach THORNTHWAITE (1015 mm) und BLANEY-CRIDDLE (1545 mm) zu niedrig sind. Dasselbe gilt für Alice Springs in Central-Australien, experimentell 2303 mm, nach PAPADAKIS 2089 mm, nach BLANEY-CRIDDLE 1510 mm, nach PENMAN 1372 mm, nach THORNTHWAITE 904 mm.

Eine Beurteilung des Klimas nach so unsicheren, berechneten Werten ist kaum möglich. Dasselbe gilt für die Klimagliederung. Zwar erhält man bestechend aussehende Karten, aber ihr Wert ist fraglich, weil sie meist den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen.

Für einige Stationen des Pampagebietes stellt PAPADAKIS seine Werte denen von THORNTHWAITE gegenüber:

	Regen	Evapotranspiration		
		nach THORNTHWAITE	nach PAPADAKIS 1948	nach PAPADAKIS 1957
I.a Plata	996	800	854	815
Azul	816	719	824	970
Tres Arroyos	694	750	988	1034
Bahia Blanca	540	780	1306	1161
Paraná (Entre Rios)	900	900	1110	1077
Corrientes	1204	1000	1406	1324

Wir sehen somit, an der Humidität des Pampa-Gebietes, wenigstens dessen östlichen Teiles, wurde bisher nicht gezweifelt.

Es wird unsere Aufgabe sein, diese Ansicht durch Untersuchungen im Gelände zu überprüfen.

3. Die Hydrographie des Pampa-Gebietes und die abflußlosen Wasserbecken

Unsere Beobachtungen beziehen sich in erster Linie auf die Graslandpampa in der Provinz Buenos Aires und wurden auf die angrenzenden Teile der Provinzen Entre Rios und La Pampa ausgedehnt.

Wenn wir die Niederterrassen und die tiefsten Teile an den Ufern des Paraná und des La Plata sowie an den Küsten der Bucht von Samborombon und des Atlantischen Ozeans weglassen (s. Abb. 3) und auch das bergige Gelände des Tandil- und des Ventana-Systems ausscheiden, so kann man folgende Landschaften der ebenen Pampa unterscheiden (vgl. dazu SIRAGUSA 1964 und VERVOORST, im Druck):

1. Die leicht wellige Ebene, die „pampa undulada“, die einen etwa 100 km breiten Streifen südlich vom Paraná-Delta und dem La Plata bildet und sich am Punto Piedras im Osten auskeilt. Sie wird durch eine Reihe kleiner Wasserläufe entwässert, die parallel zueinander zum Paraná und La Plata hin verlaufen. Die flachen Wasserscheiden wechseln mit schmalen Tälern ab und bedingen das wellige Relief. Dieser Teil der Pampa liegt bis 90 m über dem Meeresniveau, meist aber tiefer.

2. Die Salado-Niederung oder die „pampa depri-mida“, die durch eine wahrnehmbare Stufe von der welligen Pampa abgesetzt ist. Sie stellt eine tektonisch bedingte, aufgefüllte Senke dar. Die kristallinen Gesteine liegen hier in 4000–5000 m Tiefe. Das Gelände wird vom Rio Salado³⁾ und seinen Nebenflüssen sehr unvollständig entwässert, weil es sehr eben ist und kaum ein Gefälle hat. Der Salado erhielt früher einen Zufluß von dem Quarto und Quinto in der Prov. Cordoba. Doch ist diese Verbindung heute unterbrochen und er kommt im Nordwesten der Prov. Buenos Aires aus der Lagune Mar Chiquita in 80 m ü. NN heraus und hat dann einen 700 km langen, stark mäandrierenden Flußlauf. An diese eigentliche Salado-Niederung schließt sich die Ebene nördlich vom Tandil-System an. Die vielen kleinen Wasserläufe, die aus dem bergigen Gelände kommen, erreichen meistens weder den Salado noch das Meer. Die Ebene erhebt sich nur 40–10 m über das Meeresniveau. Nur in sehr regenreichen Jahren wird das Gelände weithin überschwemmt, und ein Teil des Wassers fließt ab.

Auch das alte Urstromtal aus der Eiszeit (GRÖBER, 1952), die Tiefebene von Carhué-Vallimanca schließt sich hydrologisch an die Salado-Niederung an. Aber auch in diesem Falle führt der Vallimanca nur in ausnahmsweise nassen Jahren so viel Wasser, daß es über den Saladillo in die Salado-Niederung eindringt und die Überschwemmungen, wie z. B. 1957, noch vergrößert. Solche Hochfluten traten auch 1883/84 sowie 1900 auf, als im März 234 mm Regen fielen.

3. Eine besondere Landschaftseinheit bildet die „pampa alta“, eine höher gelegene Ebene zwischen den beiden Berg-Systemen. Sie wird zum größten Teil nach Süden zum Atlantik entwässert. Der ganze zentrale Teil zwischen Juarez und Laprida ist jedoch wiederum so eben, daß keinerlei Wasserläufe vorhanden sind, obgleich die Ebene in einer Höhe von etwas über 200 m liegt.

4. Ganz ohne Abfluß ist auch die „pampa arheica“ im mittleren westlichen Teil der Provinz. Sie nimmt eine Fläche von 53 000 km² ein und liegt 145 m ü. NN. Hier findet man Sandüberlagerungen und niedrige Dünen.

³⁾ Es handelt sich um den Rio Salado in der Prov. Buenos Aires. Fast jede Provinz hat ihren Rio Salado mit salzigem Wasser.

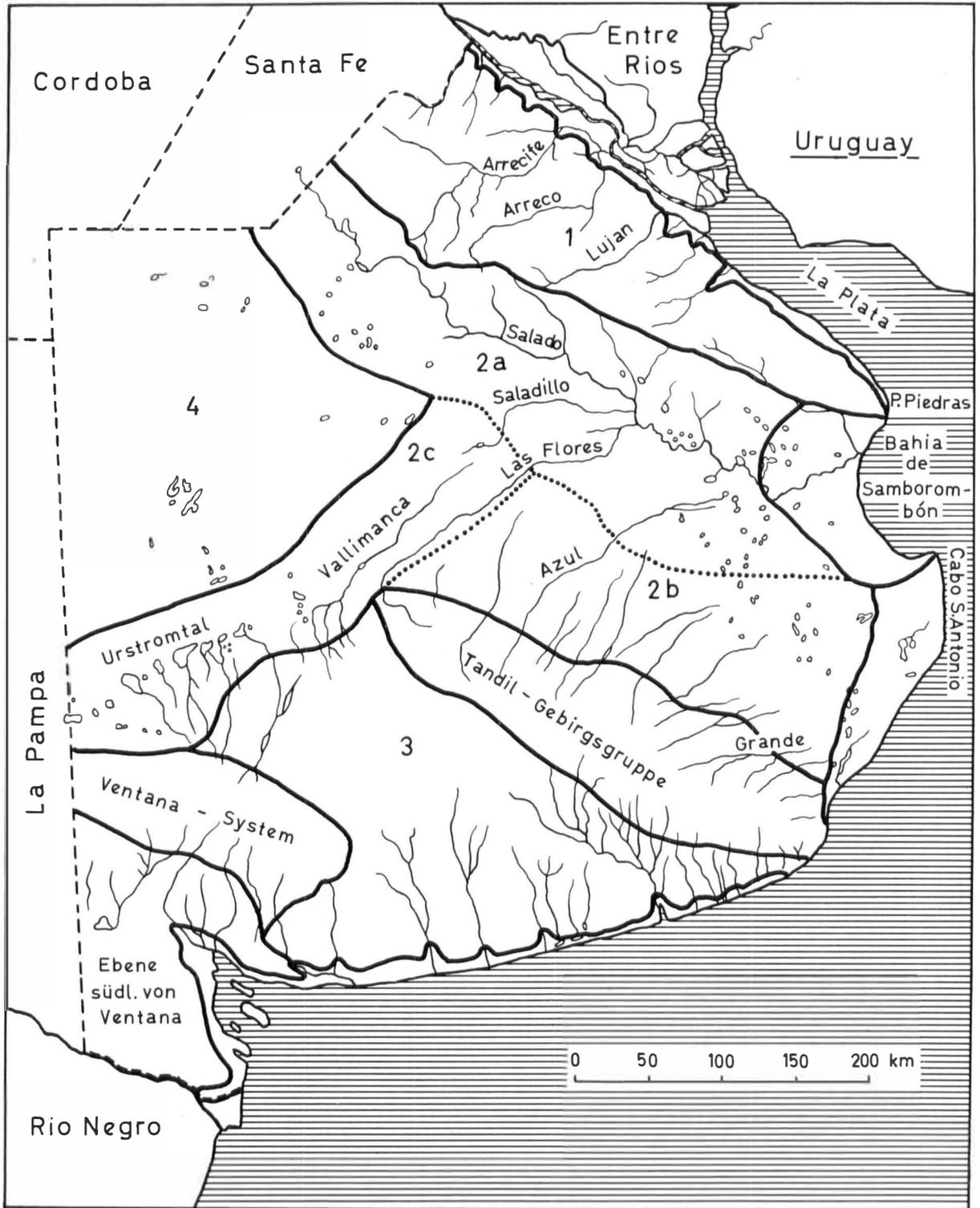


Abb. 3: Hydrographie der Provinz Buenos Aires (nach SIRAGUSA, verändert)
1 pampa undulada; 2 a-c pampa deprimida; 3 pampa alta; 4 pampa arheica



Abb. 4: Lagunen (1) und Tümpel (2), im Sommer austrocknend, nach dem Blatt 3752-2, Dolores. Zur Orientierung sind die Straße Dolores–Castelli und 3 Kanäle (3) eingezeichnet

5. Außerhalb unserer Betrachtungen bleibt die Ebene südlich des Ventana-Systems, die nur im Osten zur Bucht von Bahia Blanca entwässert wird.

Wir haben es somit in diesem Teil der Pampa mit einem sehr unvollkommenen Entwässerungssystem zu tun. Selbst der Rio Salado zeigt oft keine Strömung. Im Frühjahr ist man sehr beeindruckt von der Vielzahl größerer und kleinerer Seen, hier als Lagunen bezeichnet, die mit einem Röhrichtgürtel umgeben über die ganze Ebene zerstreut sind (Abb. 4). Dazu kommen zahllose kleine Tümpel und die mit Wasser gefüllten Gräben längs den Straßen. Alles das verstärkt zunächst den Eindruck von der Humidität des Klimas. Aber eine genauere Beobachtung zeigt, daß die Mehrzahl der Lagunen und fast alle Tümpel und Gräben abflußlos sind. Bei der Undurchlässigkeit des Untergrundes und dem fehlenden Gefälle kommt

auch ein unterirdischer Abfluß nicht in Frage. Abflußlosigkeit der Wasserbecken läßt sich aber mit einem humiden Klima nicht vereinbaren. Zwar brauchen in einem ariden Gebiet mit sehr gut entwickeltem Entwässerungssystem keine abflußlosen Becken aufzutreten, wenn man jedoch solche antrifft, so ist es ein untrüglicher Beweis dafür, daß im Mittel vieler Jahre die potentielle Evaporation höher ist als die Niederschläge. Denn diese Becken erhalten ja ihr Wasser nicht nur durch die Niederschläge, sondern z. T. noch zusätzlich durch einen Zufluß aus ihrem größeren oder kleineren Einzugsgebiet. Es ist merkwürdig, daß diese Zusammenhänge bisher nicht beachtet wurden.

Fragt man nach der Entstehung dieser Wasserbecken, so fällt einem bei den Lagunen auf, daß sie häufig in Reihen liegen, wohl in einem früheren

Flußtal. Da die Küste zur Zeit in Hebung begriffen ist, wie die erheblich über dem Meeresspiegel liegenden Muschelbänke beweisen, wird die Entwässerung erschwert. Auch die Sedimentation am Außenrand des Paraná-Deltas ist sehr stark. Dieses schiebt sich jährlich um 70 m in den La Plata vor.

Die kleinen Tümpel vergleicht VERVOORST in seiner eingehenden Arbeit über die Vegetation der Salado-Niederung mit den Pods in den ebenen Teilen der südlichen osteuropäischen Steppe. Deren Entstehung wurde mir von dem bekannten Pedologen MACHOW bei der Fahrt durch die Steppe als ein Verkarstungsphänomen erklärt. Unter dem Löß liegen in der Steppe die sehr porösen aus Kalkmuscheln aufgebauten tertiären pontischen Schichten. Dringt das Wasser an bestimmten Stellen in die Tiefe, so entstehen in diesen durch Auflösen von Kalk Höhlungen, in die der Löß absinkt, wodurch sich Vertiefungen bilden. Die Pods haben einen gewissen unterirdischen Abfluß, deswegen sind die Böden der Pods ausgelaugt (Solodj-bildung).

In der Pampa dagegen fehlen im Untergrund leicht lösliche Kalkschichten. Es sind nur ziemlich undurchlässige, harte Toskaschichten vorhanden. Auch der Löß zeichnet sich im Gegensatz zu dem der Steppe und der Prärie durch seine Kalkarmut aus. Er ist aus vulkanischen Gesteinen entstanden und besteht zu einem großen Teil, namentlich in den feinsten Fraktionen, aus vulkanischem Glas (TERUGGI 1955, 1957).

Die Entstehung der kleinen Tümpel, die nur im Frühjahr Wasser führen, muß wohl anders erklärt werden. Die Ablagerung des Lößes war nicht so gleichmäßig, daß nicht doch nach Regen einzelne Wasserlachen entstanden. Zu diesen kommt heute das Vieh zum Trinken. Dabei wird der nasse Boden zertreten und verdichtet. Außerdem bleibt der zähe Boden an den Beinen der Tiere haften und wird fortgetragen. Dadurch muß die Senke sich etwas vertiefen. Lagert das Vieh in der Trockenzeit auf dem Boden der Senke, so wird dieser durch den Tritt zerrieben und der Staub vom Winde fortgetragen, was eine weitere Vertiefung bedingt. Um jeden Tümpel kann man im Frühjahr eine mehrere Meter breite völlig zertretene und deshalb fast vegetationslose Zone sehen, die vom Rande gegen die Mitte abfällt. Ein Abfluß fehlt bei diesen Tümpeln, ein Zeichen, daß das Wasser im Sommer verdunstet. Über die große Zahl solcher abflußloser Seen und Tümpel gibt die Abbildung 4 eine Vorstellung. Man findet sie in allen Teilen der ebenen Pampa bis zur Küste hin, ein Zeichen, daß auch in den östlichsten Teilen der Pampa die potentielle Evaporation höher ist als die Niederschläge.

4. Soda-Verbrückung in der Pampa

Die zweite Tatsache, die der Annahme eines humiden Klimas in der Pampa widerspricht, ist die Verbrückung. Die Art der Verbrückung zeigt deutliche

Beziehungen zum Klima, die sich besonders leicht in der Ukraine auf den sehr ebenen Terrassen des linken Dnjeprufers zwischen Kiew und Dnjepropetrowsk feststellen lassen (vgl. WALTER, im Druck):

Wasserbilanz	Niederschlag > potent. Evaporation	
Klima	humid	semihumid
Naßböden	keine Verbrückung, Moorböden sauer	Kalkverbrückung pH = 7-7,5
Vegetation	Mischwälder	Eichenwälder

Wasserbilanz	Niederschlag < potent. Evaporation	
Klima	semiarid	arid
Naßböden	Sodaverbrückung pH = 8-9 (10)	Chlorid-Sulfat-Verbrückung pH um 7,5
Vegetation	Waldsteppe	Steppe

Auf die Ursache der Sodabildung in semiariden Gebieten wollen wir hier nicht eingehen und verweisen auf WALTER 1960, S. 468 ff. Wichtig ist, daß die Anwesenheit von Soda die Bildung von Humussolen bewirkt, so daß das Wasser sich braun färbt. Das war uns in den Lagunen und Tümpeln der Pampa aufgefallen. Die Bestimmung des pH-Wertes mit dem Merckschen Universalindikator ergab Werte von pH = 8-8,5 oder sogar 9,0 und mehr, was ein deutlicher Beweis für Sodabildung ist.

Um die Tümpel herum steht das lokale oberste Grundwasser (napa falsa) im Frühjahr so hoch, daß die Bodenoberfläche durch kapillaren Aufstieg feucht gehalten wird, und eine starke Verdunstung mit Salzanreicherung eintritt. Es bilden sich Solonezböden aus, die in Ungarn als Szikböden bezeichnet werden, oft mit einem sehr hellen ausgelaugten A-Horizont und einem dunklen alkalischen B-Horizont, der Säulenstruktur aufweist. Diese Sodaböden sind an dem Auftreten des Grases *Distichlis* (*D. spicata* oder *D. scoparia*) leicht zu erkennen. Die *Distichlis*-Rasen werden als „pasto salado“ bezeichnet. Sie nehmen in der Pampa deprimida, aber auch in der Pampa alta oft weite Flächen ein.

Sobald die Bodenoberfläche so hoch über dem Grundwasser liegt, daß kein kapillarer Aufstieg erfolgt, hört die Bodenverbrückung auf, und *Distichlis* wird durch andere Arten ersetzt. Kleinste Niveau-Unterschiede sind entscheidend. Oft kommt durch das Mikrorelief ein Mikromosaik zustande, das sehr deutlich auf der Pampa alta auf umgeackerten Flächen zu beobachten war. Die solonzierten Stellen erscheinen als hellgraue Flecken, die nicht solonzierten mit einem humosen A-Horizont dagegen dunkel. Auf einem Acker keimte gerade der ausgesäte Mais. Auf dem früher, meist mit *Stipa* bestandenen humosen

Boden kam der Mais gut auf, der pH-Wert betrug 5,5. Der graue, früher mit *Distichlis* bewachsene Boden ergab Fehlstellen; der pH-Wert war 8,5; es handelte sich also um einen Sodaboden.

Den Übergang von *Distichletum* zum *Stipetum* bildet oft das Tussock-Gras *Spartina montevidensis* (pH des Bodens 7,5).

Mit *Distichlis* kommen andere Sodaanzeiger vor: die Gräser *Hordeum stenostachys*, *Sporobolus poiretii*, *Puccinellia glaucescens* oder die Kräuter *Petunia parviflora*, *Spergularia villosa*, *Sisyrinchium platense*, *Lepidium parodi* u. a.

Die äußere Zone der Tümpel wird gekennzeichnet durch das mit der Kartoffel verwandte, 1–2 m hohe Stengel bildende *Solanum malacoxylon* (= *glaucum*), darauf folgen noch mehrere Zonen mit Sumpfpflanzen.

Im Sommer trocknen die Tümpel aus, der Boden ist grau, stark zertreten, und nur die trockenen Stengel von *Solanum* sind sichtbar.

In den sehr seichten Lagunen entwickelt sich ein Röhricht mit der Seebirse *Scirpus californicus* oder *S. americanus*. Die Lagunen im Bereich der Küstendünen, die durch den Sand einen Abfluß zum Meere haben, enthalten Süßwasser und Bestände der für das Paraná-Delta typischen Röhrichtart *Scirpus giganteus*. Hier findet man auf grundwassernahen Böden das „Pampagras“ (*Cortaderia selloana*), eine Art, die in der typischen Graslandpampa nicht vorkommt, aber als Wasseranzeiger auch in den Beckenlandschaften der Anden verbreitet ist. Hat das vor den Dünen gestaute Grundwasser keinen Abfluß und verdunstet es, dann bilden sich oft einige Kilometer breite, mit *Juncus acutus* bestandene salzige Flächen.

In der Pampa undulada mit dem guten Entwässerungsnetz kommt es nicht zur Ausbildung von abflußlosen Senken. Aus diesem Grunde fehlen im allgemeinen Verbrackungserscheinungen. Nur auf den flachen Flußterrassen kommt es vor den Uferwällen der Wasserläufe zum Wasserstau und starker Verdunstung. Hier läßt sich dementsprechend die Anwesenheit von Sodazeigern feststellen, z. B. bei San Antonio am Rio Areca oder bei Castelar (Vorstadt von Buenos Aires) am Rio Reconquista. Wichtig ist es, die Nordgrenze der Verbrackungserscheinungen zu verfolgen. Sodaböden findet man noch in dem südlichen Teile der Provinz Santa Fé (RAGONESE, RAGONESE u. COVAS) sowie in der Provinz Entre Rios bis Victoria auf abflußlosen Flächen der Paraná-Deltainseln, wenn sie lange Zeit nicht überschwemmt werden. Wir konnten außerdem Solonezböden etwas westlich von Concepción del Uruguay feststellen, und LORENTZ (1876) erwähnt, daß auf seiner Fahrt von Concepción d. Ur. nach Concordia auf den flachen, baumlosen Wasserscheiden Lagunen vorkamen, die meist brackiges Wasser enthielten, das man nicht trinken konnte. Diese nördlichsten Vorkommen decken sich mit der Nordgrenze der Pampa. Sobald man in Entre Rios in das Gebiet des bewaldeten Montiel kommt, in dem auch die Palme *Trithrinax campestris* wächst, sind zwar Sumpfgebiete sehr verbreitet, aber sie haben alle einen Abfluß. Brackanzeiger unter den

Pflanzen sahen wir dort nicht⁴⁾. Die Grenze von dem semiariden Gebiet zum humiden ist also schon überschritten. Die Pampa entspricht somit den Wiesensteppen der Waldsteppenzone mit semiaridem Klima.

5. Die Bodentypen der Pampa

Im osteuropäischen Waldsteppengebiet haben der Bodenkundler MACHOW und der Geobotaniker KLEOPOV sehr enge Beziehungen zwischen der Wald- bzw. Steppenvegetation und den Bodentypen festgestellt. Die Bodentypen lassen sich noch erkennen, selbst wenn das Land seit vielen Jahrzehnten in Acker umgewandelt wurde. Nach der Bodentypenkarte läßt sich die Vegetation rekonstruieren⁵⁾. Die Steppenvegetation ist an die Schwarzerde (Tschernosem) gebunden. Für die Pampa liegt neuerdings eine schematische Karte von BONFILS (1966) vor (Anm. bei Korr.).

Bei WILHELMY und ROHMEDE (1963) findet man die Angabe, daß GLINKA die Pampaböden auf Grund ihrer Farbe und ihres Humusgehaltes von 2–5 % als Schwarzerde bezeichnete. Aber richtige Schwarzerden sind es nicht. Dazu ist schon das Klima mit den milden, feuchten Wintern ohne Schneedecke und dem fehlenden Schmelzwasser im Frühling zu verschieden. Der Winter ist für die Mikroben im Boden der Pampa sicher keine Ruhezeit. Der Abbau der Humussubstanzen wird nicht gehemmt, und deshalb sind die Humusprozentage viel niedriger als bei der Schwarzerde. FRENGUELLI (1925) und TERUGGI (1957) weisen darauf hin, daß der Löß als Muttergestein in der Pampa sich sehr stark von dem Löß der Steppe und der Prärie unterscheidet, nicht in der Korngrößenzusammensetzung, sondern chemisch. Der Pampa-Löß ist sehr kalkarm. Die meisten Proben enthalten weniger als 2 % CaCO₃, wenige 4 %; der maximale Gehalt beträgt 8 %, der minimale 0 %.

Die mächtigen Toska-Schichten von oft mehreren Metern, die aus Kalk bestehen und die man in verschiedener Tiefe fast überall in der Pampa findet, sind keine rezenten Bildungen, sondern verschiedenen Alters und verschiedener Entstehung (Kalkkrusten durch aufsteigendes Grundwasser gebildet oder lakustrine Ablagerungen).

SIRAGUSA (1964) unterscheidet vier verschiedene Toska-Bildungen, von denen Toska I–III in Interglazialen entstanden, während Toska IV eine postglaziale Bildung ist. Das Alter wird geschätzt bei Toska I auf etwa 1 Million Jahre, bei Toska II auf 350 000 Jahre, bei Toska III auf 268 000 Jahre und bei Toska IV auf etwa 8150 Jahre.

⁴⁾ Neben den Palmen, die meist auf schlecht drainierten Böden wachsen, war der pH-Wert in 2 cm Tiefe 5,0, in 40 cm Tiefe 7,0 und stieg darunter auf 8,0 an.

⁵⁾ Verf. hat die Karten von MACHOW und KLEOPOV gesehen. Sie sollten gedruckt werden. Doch ist es Verf. nicht bekannt, ob sie im Druck erschienen sind oder ob sie in den Kriegswirren verloren gingen. Eine stark mitgenommene Photokopie der KLEOPOVschen Karte ist im Besitz des Verfassers.

Sehr interessant ist die Tatsache, daß der Pampa-Löß sehr viel Kieselsäure aus den Kieselzellen der Grasblätter enthält, in einzelnen Fällen bis zu 20 %. Das ist ein weiterer Beweis dafür, daß die Pampaböden unter einem natürlichen Grasland entstanden sind.

Weiterhin muß festgestellt werden, daß der anstehende Löß oft nicht rein äolischen Ursprungs ist, sondern nachträglich durch Wasser eine Umlagerung erfuhr. Es handelt sich in diesem Falle also um ein lößartiges Gestein. Dazu kommt die von der Steppe und Prärie abweichende Geomorphologie und Hydrographie der Pampa, vor allen Dingen das oft sehr hoch anstehende Grundwasser, das zur Bildung von Grundwasser-beeinflußten Planosolen geführt hat (CAPPANNINI und DOMINGUEZ). Im Handbuch „La Argentina Suma de Geografía“, Bd. IV, findet man auf S. 110/111 eine Bodentypenkarte, auf der die Pampaböden in die Gruppe eingereiht werden: „Regiones de lavado moderado y en parte compensado por la acción de la vegetación; Suelo de pradera: suelo negro“. Die schwarzen Pampa-Böden umfassen auf dieser Karte das ganze Gebiet der Grasland-Pampa unter Einschluß des südlichen Teiles von Entre Rios. Nur der nordöstliche Zipfel auf der CABRERA-Karte ist nicht einbezogen, wahrscheinlich weil dort durch das anstehende sandige Gestein die Böden einen anderen Charakter tragen.

Neuerdings hat PAPADAKIS (1963) eine Übersicht der Böden Argentinens mit einer Karte gegeben. Nach ihm besitzen die Pampaböden zwar den für Grasland charakteristischen tiefen, dunkel gefärbten Humushorizont A, sind jedoch weder Prärieböden noch Tschernoseme.

Das Muttergestein ist reich an verwitterten Silikaten und arm an CaCO_3 . Fast alle Böden besitzen einen an Ton angereicherten Horizont (B), dessen Tongehalt oft 35 % übertrifft und doppelt so hoch wie im A-Horizont ist. Er beginnt selten in größerer Tiefe als 30 cm. In schlecht drainierten Böden ist er besser ausgebildet und liegt näher zur Oberfläche; er enthält dann auch Na. In Depressionen findet man schon richtige Solonez-Böden. Dazu kommen Planosole oder humose Glei Böden mit einem Tonanreicherungs-Horizont, stets durchsetzt mit Solonez in Depressionen.

Die Tonanreicherung wird folgendermaßen erklärt: Infolge der schlechten Drainage werden die bei der Silikatverwitterung entstehenden Na, K und freie SiO_2 nicht ausgewaschen. Sie reichern sich an und dispergieren die Tone; das hat die Ausbildung des illuvialen Horizonts zur Folge. Den sandigen Böden fehlt dieser Tonanreicherungs-Horizont.

Die Böden in Entre Rios bezeichnet PAPADAKIS als „Black grumusols and intergrades to grassland soils with an argilic horizon“.

Auf Grund der mikroskopischen Untersuchungen von Dünnschliffen der Bodenproben, die wir in der Pampa an typischen Bodenprofilen entnahmen,

kommt KUBIENA zu folgenden Feststellungen (vorläufige schriftliche Mitteilung):

So gut wie alle Böden sind Feuchtböden, und zwar überwiegend Anmoore, „Wiesenböden“ (im Sinne der nordamer. Nomenklatur) und Feuchtschwarzerden (Prärie-Erden, Pseudotschernoseme). Die Trockenböden zeigen vielfach noch die Reliktmerkmale der Feuchtperiode; die zusätzlichen Trockenmerkmale scheinen erst in jüngster Zeit hinzugekommen zu sein. Als solche Feuchtbodenmerkmale werden genannt: Starke chemische Verwitterung, starke Tonbildung und Anreicherung von Eisenoxydhydrat, dichtes Gefüge, Zurücktreten von Schwammgefügetypen, starke Quellbarkeit, häufiges Auftreten von Schwundrissen, Überwiegen von Pseudogley, z. T. von dichtgeschlämmten Lessivégefügetypen (sogar in den Humushorizonten).

Die Humusbildungen (Anmoor, tirsoide Formen bis Mull) deuten durchweg auf vielfach tiefreichende Rasenhumusformen hin, Waldhumusreste wurden im heutigen Graslandgebiet nicht gefunden. Es hat wohl auch in den Feuchtperioden die dichte Grasvegetation auf den Naßböden ein Aufkommen von Baumkeimlingen verhindert. In den Humusformen besteht kein prinzipieller Unterschied zwischen der argentinischen und der brasilianischen Pampa von Rio Grande do Sul, die heute wesentlich feuchter geblieben zu sein scheint.

Weitere Angaben können erst nach eingehenderen vergleichend mineralogischen und mikromorphologischen Untersuchungen gemacht werden.

Auf jeden Fall geht auch aus dieser Mitteilung von KUBIENA hervor, daß keine Anhaltspunkte dafür vorhanden sind, daß die Pampa früher bewaldet war und erst durch Eingriffe des Menschen (Abbrennen) zu einem Grasland wurde.

Im südlichen Teil von Entre Rios, in einer Landschaft, die sehr stark an die Waldsteppe der Ukraine erinnert und von Deutschen besiedelt wurde, die aus den osteuropäischen Steppengebieten ausgewandert sind, fanden wir unter Grasland ein Bodenprofil, das der mächtigen Schwarzerde zu entsprechen schien. Der Humushorizont war 154 cm mächtig und der Oberboden von einer nußförmigen, krümeligen Struktur. Im Profil traten, nach unten zunehmend, als Kalkkonkretionen keine Pseudomycelien (Schimmelpilze), sondern nur Kalkaugen (Bjeloglaski) auf. Prof. SCHLICHTING (Hohenheim), der die Aufnahme sah, machte mich jedoch darauf aufmerksam, daß es keine richtige Schwarzerde sei. Der Unterboden zeige kein prismatisches Gefüge, sondern ein grobpolyedrisches mit Ockerflächen. Man könnte daraus auf ein lehmig-toniges Ausgangsgestein sowie Bildung unter semiarid-kontinentalen Bedingungen mit ausgeprägter Wechselfeuchte schließen. Der Bodentyp nehme eine Zwischenstellung ein zwischen den Schwarzerden und den wechselfeuchten Vertisols und neige eher zu letzteren.

Diese Feststellung ist deshalb besonders interessant, weil die nördlichste Pampa schon zu den humiden subtropisch-tropischen Grasländern Brasiliens überleitet. Die Zahl der tropischen Elemente unter den Gräsern (Paniceen) nimmt in Entre Rios deutlich zu. Diese subtropisch-tropischen Grasländer des humiden Klimas gehören nicht der zonalen, klimatisch bedingten Vegetation an, sondern der azonalen (WALTER 1964, S. 564 ff.). Sie werden durch das Relief bedingt, und kommen dort vor, wo der Boden während der Regenzeit überschwemmt oder stark vernäßt wird, während der Trockenzeit infolge des hohen Tongehaltes stark austrocknet und bis in große Tiefen Schwundrisse erhält (polyädrisches Gefüge).

Wir haben somit in Argentinien ein schönes Beispiel dafür, wie das zonale Grasland der warm-gemäßigten Klimazone gleitend in das azonale Grasland der humiden subtropischen Zone Südbrasilien übergeht.

Diese bisher sehr lückenhaften Angaben über die Bodentypen sprechen zwar für den Graslandcharakter der Pampa, scheinen uns jedoch wenig über den Klimatypus auszusagen.

Zum Glück sind wir jedoch in der Pampa nicht nur auf die indirekten Beweise für den semiariden Charakter des Klimas, wie Abflußlosigkeit und Verbrauchserscheinungen angewiesen, sondern wir können uns auf direkte Messungen der potentiellen Verdunstung mit dem Tank Typ A stützen. Sie wurden uns durch Vermittlung von Dr. J. A. J. HOFFMANN in dankenswerter Weise vom Servicio Meteorológico Nacional in Buenos Aires zur Verfügung gestellt. Die Meßwerte sind, wie üblich, mit dem Faktor 0.7 reduziert worden.

6. Die potentielle Evaporation in der Provinz Buenos Aires

Wenn wir von humiden und ariden Gebieten oder von humiden und ariden Jahreszeiten sprechen, so werden diese Begriffe meist nur relativ gebraucht; oft nimmt man die Abgrenzung ganz konventionell vor, wobei, wie wir sahen, bei den einzelnen Autoren durchaus keine Übereinstimmung zu herrschen braucht.

Sucht man nach einer absoluten Erfassung, die den Verhältnissen in der Natur am besten entspricht, so kommt wohl nur die Wasserbilanzgrenze in Frage, bei der die potentielle Verdunstung im Mittel dem langjährigen Mittel der Niederschlagshöhe entspricht. Überwiegen die Niederschläge, so haben wir es mit einem humiden Gebiet zu tun, das desto humider ist, je höher der Niederschlagsüberschuß wird. Ist im Gegensatz dazu die potentielle Verdunstung höher, so müssen wir das Klima als semiarid, als arid oder extrem arid bezeichnen, je nachdem, wie groß das Defizit der Wasserbilanz im Mittel vieler Jahre ist.

Nahe an der Bilanzgleichgewichtsgrenze werden einzelne Jahre arid sein, andere humid.

Die Messung der potentiellen Verdunstung wirft ihrerseits viele Probleme auf, und eine einwandfreie

Methode ist bis heute nicht gefunden worden. Immerhin scheint uns die Messung der Verdunstung von einem Wassertank bestimmter Größe und bestimmter Tiefe den tatsächlichen Verhältnissen am nächsten zu kommen und sicherere Werte zu liefern als die genaueste Berechnung nach noch so komplizierten Formeln.

Für die Provinz Buenos Aires liegen solche Messungen vor, die Mittelwerte aus meist über zehnjährigen Beobachtungen darstellen. Wie zu erwarten war, sind die potentiellen Evaporationswerte höher als die Niederschläge. Wir stellen beide in folgender Tabelle einander gegenüber, wobei wir möglichst gleiche Meßzeiträume verwenden (s. Tabelle 1).

In der letzten Kolonne sind die Wasserdefizite enthalten, d. h. potentielle Evaporation (E) – Niederschlagshöhe (N). Nur für die Station der Stadt Buenos Aires und für La Plata erhält man eine ausgeglichene Wasserbilanz. Ein Überschuß an Niederschlägen ist nirgends in der Provinz Buenos Aires vorhanden. Trägt man die Defizite auf einer Karte ein, so zeigen sie eine gesetzmäßige Verteilung (Abb. 5).

Die östliche (etwa 100 km breite) Küstenzone hat Defizite von 100–200 mm; unmittelbar am Ufer des La Plata sind sie noch geringer. Darauf folgt nach SW eine breite Zone mit Defiziten von 200–300 mm und eine im mittleren Teil breite Zone mit 300–400 mm Defizit. Weiter nach Südwesten hin

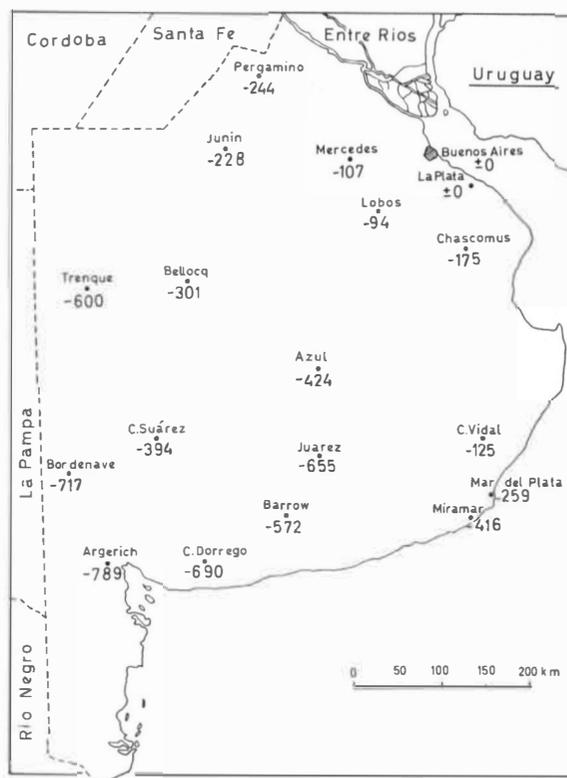


Abb. 5: Jahreswasserdefizite (= Niederschlag minus potentielle Evaporation) in der Provinz Buenos Aires

Tabelle 1: Wasserbilanz einiger Stationen in der Provinz Buenos Aires
(in Klammern Meßzeitraum)

	Potentielle Verdunstung in mm	Niederschlagshöhe	Defizit in mm
Argerich	1270 (1954-1963)	481 (1921-1950)	789
Azul	1280 (1941-1963)	859 (1941-1950)	424
		854 (1951-1960)	
Barrow	1280 (1940-1963)	704 (1941-1950)	572
		712 (1951-1960)	
Bellocq	1120 (1942-1956)	819 (1921-1950)	301
Bordenave	1320 (1961-1963)	603 (1921-1950)	717
Castelar (bei Buenos Aires)	1170 (1961-1964)	1002 (1951-1960)	168
Coronel Dorego	1310 (1945-1963)	620 (1921-1950)	690
Coronel Suarez	1140 (1941-1962)	752 (1941-1950)	394
		740 (1951-1960)	
Coronel Vidal	940 (1941-1962)	815 (1921-1950)	125
Chascomús	1070 (1946-1959)	895 (1921-1950)	175
Junin	1160 (1941-1963)	866 (1941-1950)	228
		998 (1951-1960)	
La Plata (Los Hornos)	1080 (1950-1963)	1076 (1951-1960)	± 0
Lago Epecuén	1190 (1951-1962)	keine Angaben gefunden	
Loberia	980 (1946-1963)		
Lobos	1020 (1956-1963)	926 (1921-1950)	94
López Juarez	1400 (1952-1963)	745 (1951-1960)	655
Mar del Plata	1200 (1953-1963)	941 (1951-1960)	259
Mercedes	1160 (1944-1959)	1053 (1951-1960)	107
Miramar	1180 (1948-1963)	764 (1921-1950)	416
Oberv. Central (Buenos Aires)	1000 (1938-1963)	914 (1941-1950)	± 0
		1089 (1951-1960)	
Pergamino	1150 (1944-1963)	898 (1941-1950)	244
		915 (1951-1960)	
Trenque-Lauquén	1340 (1945-1963)	743 (1941-1950)	600
		737 (1951-1960)	

steigen die Defizite sehr rasch auf 500, 600 und 700 mm an der Grenze der Provinz an.

Aus der Reihe fallen nur zwei Stationen Azul mit 424 mm und insbesondere Lopez Juarez mit 655 mm. Für Azul mit einer Meßreihe von 23 Jahren ist es schwer, eine Erklärung zu finden, weil es am NE-Hang des Tandilsystems, also nicht im Regenschatten, liegt. Dagegen handelt es sich bei Lopez Juarez (Meßreihe 12 Jahre) um die „pampa alta“, die zwischen zwei Gebirgssystemen liegt. Die Niederschläge sind relativ gering und entsprechend die potentielle Evaporation höher, wodurch das Defizit besonders stark ansteigt.

Auf jeden Fall wird unsere Vermutung auf Grund der Geländebeobachtungen, daß die potentielle Evaporation die Regenhöhe übersteigen muß, durch diese Werte vollauf bestätigt.

Da auch die durchschnittlichen Tages-Evaporationswerte für die einzelnen Monate vorliegen, können wir feststellen, ob zu gewissen Zeiten des Jahres die mittleren Niederschläge die potentielle Evaporation übersteigen.

Wir beschränken uns darauf, für zwei Stationen der Provinz Buenos Aires die entsprechenden Kurven anzuführen (S. Abb. 6 u. 7).

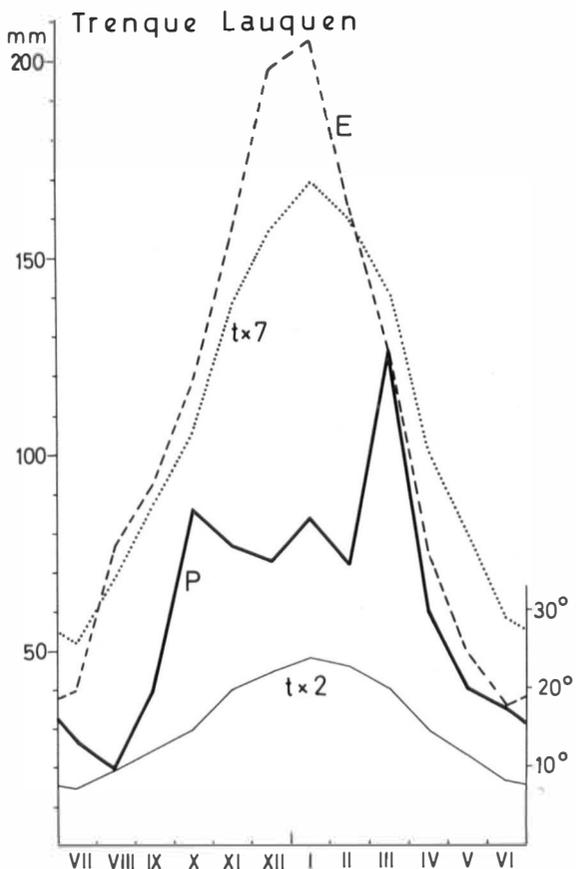
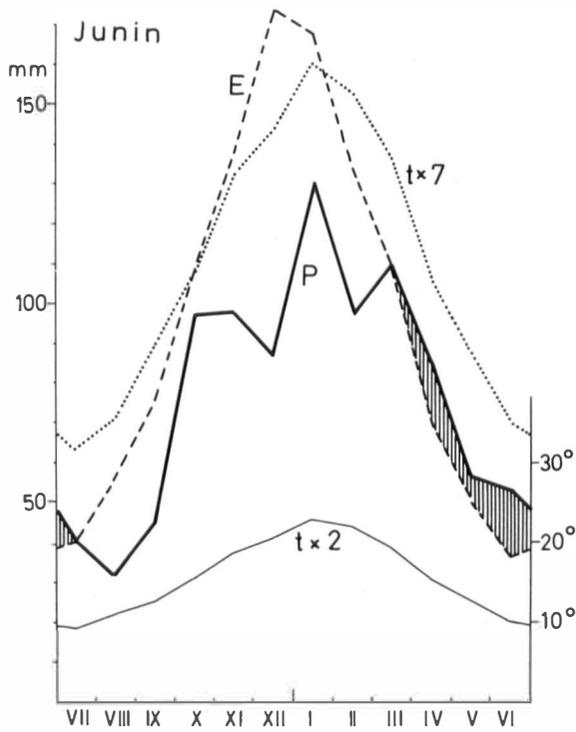
Es sind dies die Stationen: Junin am Oberlauf des Rio Salado und Trenque Lauquén im

Westen an der Grenze des Sandgebietes. Eingetragen ist die mittlere monatliche Evaporation eines Wassertanks und die Kurve der mittleren monatlichen Niederschläge.

Wir sehen, daß in Junin nur im April bis Juni die Niederschläge etwas über den Evaporationswerten liegen, im Juli sind sie gleich, in allen anderen Monaten liegen sie darunter. Die Defizite sind besonders stark im November bis Februar, obgleich im Januar ein relatives Regenmaximum zu verzeichnen ist. In Trenque Lauquén liegt die Evaporationskurve dauernd über der Niederschlagskurve.

Es war nun interessant festzustellen, wieweit die Temperaturkurve mit der Evaporationskurve übereinstimmt. Der allgemeine Verlauf ist der gleiche. Setzen wir jedoch $10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$, wie es bei den Klimadiagrammen der Fall ist, so werden die Millimeterwerte der Evaporation bei weitem nicht erreicht. Erst wenn wir $10^{\circ}\text{C} = 70\text{ mm}$ setzen, decken sich die Kurven annähernd. In der kalten Jahreszeit und im Herbst liegt die Temperaturkurve etwas höher, im Hochsommer dagegen tiefer.

Wenn also bei den Klimadiagrammen die Temperaturkurve $10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$ über der Niederschlagskurve liegt, so bedeutet das eine sehr extreme aride Jahreszeit mit fast wüstenhaften Verhältnissen. Der übrige Teil des Jahres kann noch trocken sein



und ist nur relativ humider, aber nicht in dem Sinne, daß die potentielle Evaporation niedriger ist als die Niederschlagssumme. Will man letzteres zur Darstellung bringen, so müßte man im Pampa-Gebiet das Verhältnis $10^{\circ} \text{C} = 70 \text{ mm}$ verwenden. Das wird durch die Kurve von Junin und Trenque Lauquen bestätigt mit der Einschränkung, daß diese Temperaturkurve im Frühjahr bis zum Hochsommer etwas zu tief liegt, im Herbst und Winter dagegen zu hoch.

Die Relation zwischen Temperatur und Evaporation ändert sich also im Laufe des Jahres, was verständlich ist, weil die Sättigungsdefizite der Luft bei steigenden Temperaturen relativ hoch sind, bei fallenden dagegen relativ niedrig.

Das geht sehr deutlich aus der Korrelationskurve zwischen der täglichen mittleren Tagestemperatur der einzelnen Monate und der mittleren täglichen Verdunstung hervor. Wir erhalten eine Ellipse, auf deren unterem Ast die Werte der Monate Juli-Dezember, auf dem oberen dagegen die für Januar-Juni liegen (Abb. 8).

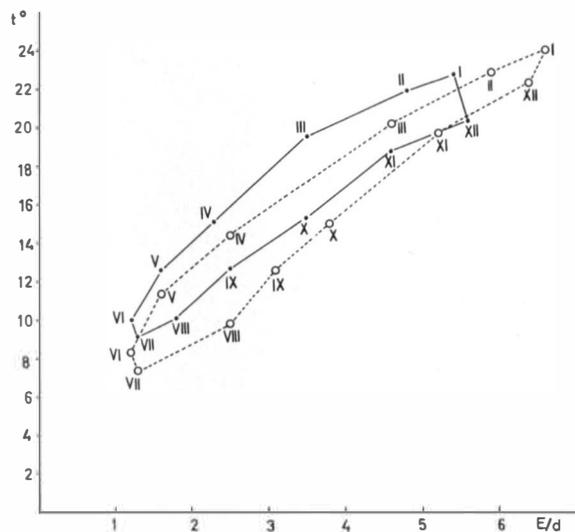


Abb. 8: Diagramm der Relation zwischen der mittleren Tagestemperatur (t°) der einzelnen Monate (I-XII) und der mittleren potentiellen Tagesevaporation (E/d) derselben Monate für Junin (ausgezogene Linie) und Trenque Lauquen (gestrichelte Linie). Man erkennt, daß bei ansteigenden Temperaturen von Juli (VII) bis Dezember (XII) die potentielle Evaporation bei gleichen Temperaturen relativ höher ist als bei fallenden Temperaturen von Januar (I) bis Juni (VI).

Abb. 6 und 7: Klimadiagramme von Junin und Trenque Lauquen
P mittlere monatliche Niederschläge in mm; $t \times 2$ mittlere monatliche Temperaturen im üblichen Maßstab ($10^{\circ} \text{C} = 20 \text{ mm}$); E mittlere monatliche potentielle Evaporation in mm, die ungefähr einer Temperaturkurve $t \times 7$, d. h. im Maßstab $10^{\circ} \text{C} = 70 \text{ mm}$, entspricht. Die schraffierte Fläche zeigt an, daß die Niederschläge der einzelnen Monate höher sind als die potentielle Evaporation.

Die starke Evaporation im Pampagebiet wird auch durch einige von uns ausgeführte Messungen mit dem Piche-Evaporimeter (grünes Papier) im Frühling (Oktober) in Buenos Aires im Parkgelände der Cátedra de Botánica Agrícola bestätigt. Wir bringen die Messungen am 16. 10. 1965 (Papier 25 cm über dem Boden eines Rasenplatzes).

Zeit	ml/h		Temperatur (trockener und feuchter Thermometer)
11 Uhr		Wetter sonnig	28,0 – 20,6
	1,15		
12 Uhr			29,2 – 21,4
	1,30		
13 Uhr		leichter Wind,	30,1 – 19,1
	1,45		
14 Uhr		der um 15 Uhr	30,3 – 18,0
	1,40	sich etwas verstärkt,	
15 Uhr		dann aber leichter	31,0 – 16,8
	1,20	Schatten	
16 Uhr			29,5 – 18,2

Diese Werte sind für die Jahreszeit sehr hoch, sie übertreffen die Extremwerte an heißen Sommertagen in Mitteleuropa (vgl. WALTER 1960). Im Hochsommer dürften in der Pampa während einer Dürreperiode Werte von 2,0 ml/h überschritten werden.

Die Verdunstung in den Sommermonaten ist besonders intensiv, weil die Regen nur als starke Gewittergüsse in den Abendstunden oder während der Nacht fallen. Die Einstrahlung am Tage wird auf diese Weise durch die Regen nicht gemindert.

Wir sehen somit, daß das Klima im Pampagebiet leicht semiarid ist. Berechnet man die Wasserdefizite für das gesamte Gebiet von Argentinien, so erkennt man, daß die übrigen Teile im Westen von der Pampa bedeutend arider sind (vgl. hierzu WALTER 1966, S. 379, Abb. 1).

Nur die Provinzen Misiones und Corrientes sind Regenüberschußgebiete. Auch der nördliche, mittlere Teil von Entre Rios dürfte dazu gehören. Es liegen jedoch keine Messungen vor. Die Grenze zwischen aridem und humidem Gebiet verläuft südlicher unmittelbar am Ufer des Rio Uruguay und greift auf das La-Plata-Ufer bei Buenos Aires bis La Plata über. Alle übrigen Werte geben eine negative Wasserbilanz an. Das gilt selbst für die Station Tucumán, wo die Sommerniederschläge sehr hoch sind, die Wintermonate dagegen sehr trocken. Die Defizite steigen nach Westen rasch an und erreichen in Santa Isabel den Wert von 1600 mm, sind aber in der Provinz San Juan noch etwas höher. In Patagonien liegt Bariloche fast an der Grenze zum humiden Gebiet, sonst ist die Wasserbilanz überall und z. T. sehr erheblich negativ, doch sind die Werte nicht gesichert.

Die Pampa ist im Vergleich zu den westlichen Teilen Argentiniens nur wenig semiarid.

Allerdings darf man sich nicht auf die Betrachtung der Mittelwerte beschränken. Das Pampa-Klima zeichnet sich dadurch aus, daß die Niederschläge in den einzelnen Jahren sehr großen Schwankungen unterworfen sind und extreme Dürrezeiten periodisch auftreten können. Das ist am besten aus 50jährigen Klimatogrammen zu ersehen.

Ein Klimatogramm wird ebenso gezeichnet wie ein Klimadiagramm, nur daß man die monatlichen Temperatur- und Niederschlagswerte der einzelnen Jahre verwendet und die Kurven fortlaufend über viele Jahre zeichnet.

Solche Klimatogramme über 50 Jahre ließ Herr Dr. HOFFMANN (klimatologische Abteilung des Servicio Meteorológico Nacional) für acht Stationen im Pampagebiet zeichnen.

Wir greifen zwei Beispiele heraus: Dolores nahe an der Küste und Trenque Lauquén unweit der westlichen Pampagrenze. Die Klimadiagramme mit langjährigen Mittelwerten lassen eine extrem dürre Jahreszeit nicht erkennen (Abb. 9). Bei Trenque Lauquén ist allerdings der Winter schon ziemlich trocken (schraffierte Zone sehr schmal), so daß sich der Übergang zum Sommerregen-Typus anbahnt.

Die ganzen Klimatogramme für die Jahre 1913–1962 für Dolores und 1903–1952 für Trenque-Lauquén können wir hier des beschränkten Raumes wegen nicht veröffentlichen. Betrachtet man sie, so erkennt man, daß in jedem Jahrzehnt 2–3 Jahre mit extrem dürrern Sommern (Temperaturkurve liegt über der Niederschlagskurve) vorkommen. Auf Abb. 9 sind jeweils markante Beispiele herausgegriffen:

Bei Dolores erkennt man zum Beispiel, daß 1924 nach den guten Regen im Mai nur sehr geringe Niederschläge bis Februar 1925 fielen. 1956 war eine Dürreperiode im Oktober/Dezember, die im Januar durch gute Regen kurz unterbrochen wurde. Im Sommer 1907/08 gab es 3 extreme Dürremonate usw.

In dem trockeneren Klima von Trenque Lauquén machen sich Dürrejahre noch stärker bemerkbar. Man betrachte z. B. die Jahre 1937/38 (Abb. 9), in denen nur die Monate September–November 1937 und März–Mai 1938 reichlichen Regen hatten; dürre Winter wie 1937 sind hier besonders häufig.

Die Station Junin in der nördlichen Pampa erhielt 1910/11 in 8 aufeinanderfolgenden Sommermonaten nur 193 mm Regen.

Das Vorkommen von solchen Dürrejahren wirkt sich auf einen hinsichtlich der Wasserversorgung anspruchsvollen Baumwuchs viel ungünstiger aus als auf ausdauernde Gräser, die zwar in Dürrezeiten wenig an oberirdischer Masse produzieren, nach Einsetzen der Regen jedoch wieder kräftig austreiben. Auch das ist mit ein Grund für die Baumlosigkeit der Pampa ⁶⁾.

⁶⁾ Mit extremen Dürrejahren muß man in allen Grasländern rechnen. Wir erinnern an die katastrophalen Folgen in der nordamerikanischen Prärie durch die Dürre und die Staubstürme in den Jahren 1934–1941. DARWIN, der 1833 durch die Pampa von Bahia Blanca nach Buenos Aires ritt, geht sehr ausführlich auf die Dürre der Jahre 1827 bis 1830 ein, als über eine Million Rinder zugrunde gingen und die Grenzsteine der Estancias vom Staub vergraben wurden.

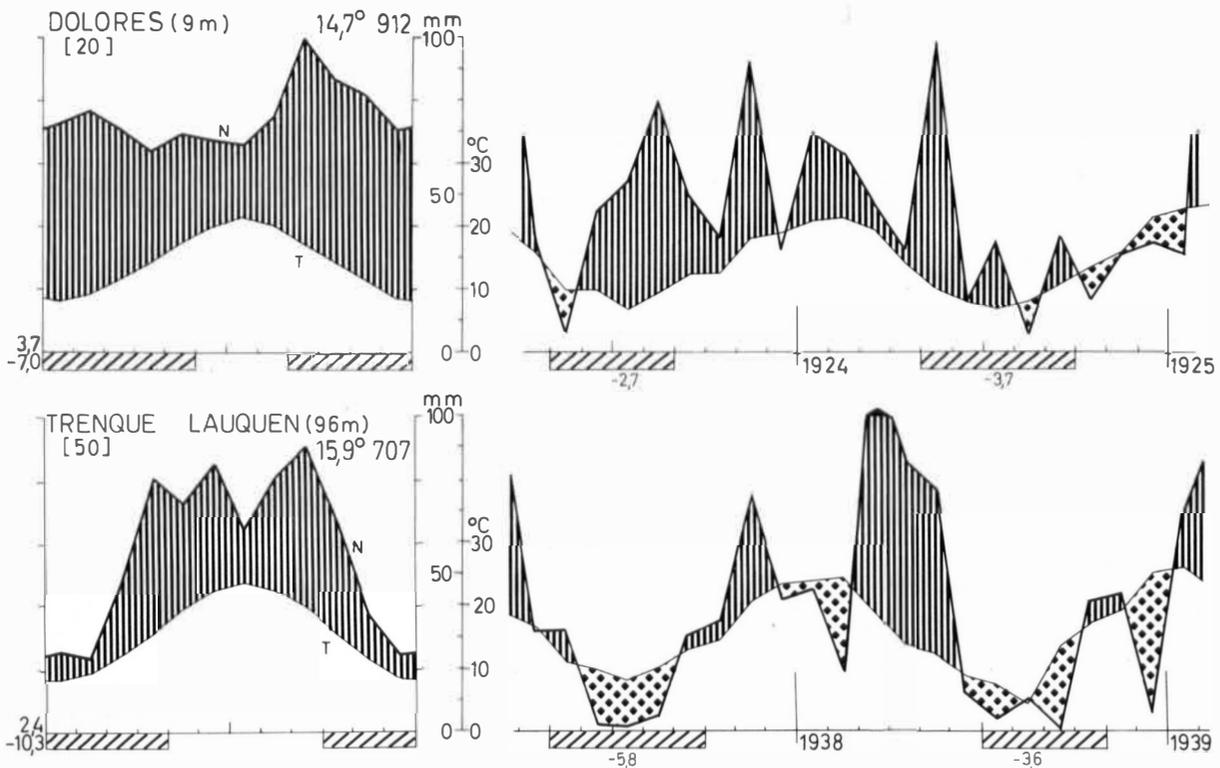


Abb. 9: Klimadiagramme und Klimatogramme von Dolores und Trenque Lauquén

Punktiert = extreme Dürrezeit; senkrecht schraffiert = relativ humide Zeit; schräg schraffiert (unter Abszisse) = Monate mit Frost, darunter Zahlen = absolutes Jahresminimum

7. Die reale Evaporation, d. h. die tatsächliche Verdunstung von der Erdoberfläche

Wir sprachen bisher von der potentiellen Evaporation, die durch die Wasserabgabe einer freien Wasserfläche gemessen wird. Auch bei den Evapotranspirationen handelt es sich um die potentielle Evapotranspiration einer dauernd gut mit Wasser versorgten geschlossenen Pflanzendecke. Die tatsächlich im Laufe eines Jahres von einem größeren Gebiet an die Atmosphäre abgegebene Wassermenge ist natürlich viel geringer. Denn das Regenwasser dringt in den Boden ein, die Bodenoberfläche trocknet bald aus und verliert dann praktisch kein Wasser mehr. Das tiefer in den Boden eingedrungene Wasser ist vor Verdunstung geschützt. Es wird allerdings, soweit es durch die Wurzeln der Pflanzen erreichbar ist, von diesen aufgenommen und von den Blättern bei der Transpiration abgegeben. Aber auch die Transpiration der Pflanzen wird stark eingeschränkt, sobald die Blätter unter Wassermangel leiden.

Mit zunehmender Aridität des Klimas nimmt die potentielle Evaporation ständig zu und erreicht die höchsten Werte in der extremsten Wüste (Zentral-sahara über 5000 mm). Die reale Evaporation nimmt dagegen ab, weil sie niemals die mittlere Niederschlagshöhe überschreiten kann, sofern das Gebiet

keinen Zufluß erhält. Sie wird sogar meist niedriger sein, weil selbst in ariden Gebieten ein Teil der Niederschläge dem Grundwasser zugeführt wird oder in Nachbargebiete abfließt. In den extremen Wüsten ist die reale Evaporation am geringsten und bei Regenlosigkeit gleich Null.

Die Wasserführung des Bodens hängt in ariden Gebieten von den physikalischen Eigenschaften der oberen Bodenschichten ab, vor allen Dingen von der Durchlässigkeit für das Regenwasser. Sie ist deshalb am besten bei groben Fels- oder Schuttböden, vorausgesetzt, daß das Wasser nicht zu tief absinkt. Bei diesen findet praktisch keine Verdunstung von der Oberfläche statt, und alles Wasser wird im Boden gespeichert und kann somit von den Pflanzen ausgenutzt oder dem Grundwasser zugeführt werden. Das trockene Aussehen solcher Standorte täuscht. Gut mit Wasser versorgt sind aus ähnlichen Gründen die Sandböden, deren Oberfläche ebenfalls rasch austrocknet. Jede Sanddüne, namentlich wenn sie unbewachsen ist, stellt einen Wasserspeicher dar. Dagegen sind Tonböden trockene Standorte. Das Regenwasser dringt nur wenig in solche Böden ein und geht fast vollständig durch Verdunstung verloren (vgl. WALTER 1964, S. 319).

Sofern das Regenwasser rasch eindringt und vor Verdunstung geschützt bleibt, ist das Grundwasser

auch nicht brackig. Die Qualität des Grundwassers hängt somit nicht nur von der Aridität des Klimas ab, sondern auch vom Relief und von der Bodenbeschaffenheit. Es ist deshalb verständlich, daß der westliche Teil der Pampa („pampa arheica“), der weniger Niederschläge erhält als der östliche, aber dafür viele Sanddünen besitzt, relativ viel gutes Grundwasser hat (STAPPENBECK). Chloride treten überhaupt nur auf, wenn sie in den anstehenden Gesteinen enthalten sind (Meeresedimentgesteine) oder durch den Wind von außen zugeführt werden (vgl. WALTER 1964, S. 332 ff.).

Es fragt sich nun, wie wir die Wasserbilanz im Klimadiagramm darstellen sollen. Wir benützen bei den Diagrammen in unserem Klimadiagramm-Weltatlas die Temperaturkurve als relatives Maß der Verdunstung, wobei wir nach GAUSSEN ein Verhältnis der Maßstäbe $10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$ verwendeten. Dabei wird die potentielle Evaporation durch die Temperaturkurve nicht erfaßt. Es zeigt sich vielmehr, daß in Argentinien im sehr humiden Gebiet von Misiones die Evaporation durch die Temperaturkurve annähernd dargestellt werden könnte, wenn man das Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 50\text{ mm}$ verwenden würde, im Pampagebiet müßte das Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 70\text{ mm}$ gewählt werden, in noch trockeneren Gebieten $10^{\circ}\text{C} = 90\text{--}100\text{ mm}$ und in Patagonien mit den dauernd stürmischen Winden sogar ein Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 120\text{--}150\text{ mm}$.

Aber die Darstellung der potentiellen Evaporation ist nur für bestimmte hydrologische Fragen von Interesse. Ökologisch, also für das Pflanzenwachstum und die landwirtschaftliche Produktion, ist sie von geringer Bedeutung. Die Pflanzen sind auf die Wasserreserven im Boden angewiesen, und diese sind, da die reale Verdunstung stets erheblich unter der potentiellen liegt, selbst unter semiariden Klimaverhältnissen noch sehr günstig. Die Steppen, Prärien und die Pampa gehören zu den landwirtschaftlich wertvollsten Gebieten, weil die Kulturpflanzen noch genügend Wasser zur Verfügung haben und zugleich die besten Böden und sehr günstige Lichtverhältnisse antreffen.

Die reale Evapotranspiration läßt sich im Klimadiagramm nicht darstellen, weil sie nicht nur vom Klima, sondern auch vom Boden, dem Relief, der Pflanzendecke u. a. m. abhängt. Wir müssen deshalb rein empirisch ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen dem Temperatur- und Niederschlagsmaßstab wählen, wobei es gleichzeitig ein einfaches Verhältnis sein muß, um das Ablesen der absoluten Werte für die einzelnen Monate und das Zeichnen der Diagramme zu erleichtern.

In dieser Beziehung hat der Vorschlag von GAUSSEN, das Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$ zu wählen, sich durchaus bewährt. Die de Martonnesche Formel, die LAUER verwendet, ist schon für eine weltweite Anwendung zu kompliziert. Die Diagramme sind viel unanschaulicher, weil die

Null-Linie für die Temperatur und die Niederschläge nicht übereinstimmt; die Verwendung eines logarithmischen Maßstabes für die Niederschläge erschwert sowohl das Zeichnen der Diagramme wie auch das Ablesen der Absolutwerte. Man muß selber vor der Aufgabe gestanden sein, Tausende von Diagrammen zu zeichnen, um die Bedeutung solcher technischer Fragen beurteilen zu können.

Der Aussagewert der Diagramme ist stets begrenzt; man darf nicht zu viel von ihnen verlangen. Die Diagramme dienen nur der raschen allgemeinen Orientierung. Wenn bei unserer Darstellung ($10^{\circ}\text{C} = 20\text{ mm}$) die Niederschlagskurve unter der Temperaturkurve liegt, so bedeutet das eine extrem aride Jahreszeit, wobei man unbedingt auch den vertikalen Abstand der Kurven berücksichtigen muß. Es hat wenig Sinn, nur die Schnittpunkte der Kurven in Betracht zu ziehen. Die Jahreszeit, bei der die Niederschlagskurve über der Temperaturkurve liegt, ist relativ humider, sie kann aber durchaus noch trocken sein, namentlich wenn der Abstand der Kurven gering ist.

Es sei offen zugegeben, daß bei den Klimadiagrammen der Stationen im Steppen-, Prärien- und Pampagebiet besondere Schwierigkeiten auftreten und sie einen zu humiden Eindruck vermitteln. Das ist sicher auf die Art der Niederschläge im Sommer (Gewittergüsse) zurückzuführen, auch fehlt eine extreme Dürrezeit. Wir hatten deshalb für die Steppengebiete nach SELJANINOW durch eine Hilfskurve ($10^{\circ}\text{C} = 30\text{ mm}$) eine Trockenzeit unterschieden. Um diese in den Sommermonaten für die Pampa darzustellen, müßte man bei der stärkeren Verdunstung für die Hilfskurve in den heißen Sommermonaten das Verhältnis $10^{\circ}\text{C} = 50\text{ mm}$ wählen, und das dürfte auch für die Stationen des südlichen Präriengebietes zutreffen.

Es fragt sich nun, ob die Methode von LAUER für die Pampa günstiger wäre. Das ist nicht der Fall. Für Buenos Aires findet man nach LAUER auch nur humide Monate. Weiter im Westen sind zwar 3 trockene Monate vorhanden, aber als solche werden Juni, Juli, August, somit die humiden Wintermonate, herausgestellt(!), während die trockenen Sommermonate als humid erscheinen; wir erhalten also ein unrichtiges Ergebnis. Man ersieht daraus, daß gerade die Klimatypen, bei denen eine scharf begrenzte Regenzeit, wie bei dem mediterranen Winterregengebiet oder dem tropischen Sommerregengebiet, fehlt, sich schwer darstellen lassen.

8. Die ursprüngliche Vegetation der Pampa

Daß die Baumlosigkeit der Steppen und Prärien nicht auf einen bestimmten klimatischen oder edaphischen baumfeindlichen Faktor zurückzuführen ist, wurde experimentell nachgewiesen (vgl. Literatur bei WALTER 1935 und 1943). Ausschlaggebend ist der Wettbewerb zwischen den Grasarten und den Baumkeimlingen.

Dasselbe müssen wir auch für die Pampa annehmen (PARODI 1942). Beweisen können wir es nicht, weil die ursprüngliche Grasvegetation der Pampa nach der Besiedlung völlig vernichtet wurde. Wir kennen keine Stelle, von der man mit Sicherheit behaupten könnte, daß sie niemals umgepflügt oder beweidet wurde. Klimatisch entspricht der feuchteste Teil der Pampa einem Waldsteppengebiet, in dem sich auf gut drainierten Böden Baumarten durchsetzen, während sich

auf schlecht drainierten die Grasvegetation im Wettbewerb behauptet.

Natürliche Waldinseln fehlen deshalb der Pampa in einem breiten Streifen entlang der Küste, wie es ELLENBERG hervorhebt, durchaus nicht. PARODI (1940) hat ihnen eine besondere Arbeit gewidmet und zugleich betont, daß sie auf spezielle, gut drainierte Standorte beschränkt sind (vgl. S. 199).

Wenn man heute, nachdem die Pampavegetation durch adventive, meist mitteleuropäische Gräser und Kräuter ersetzt worden ist, gelegentlich spontane Baumsämlinge aus Samen, die von Vögeln verschleppt wurden, auch von einheimischen Gehölzarten außerhalb solcher Gehölzstandorte findet (ELLENBERG), so ist das kein Beweis dafür, daß die Pampa ursprünglich ein Waldland war. Die adventiven Wiesenpflanzen sind keine gefährlichen Konkurrenten für die Holzarten. Bei Ausschaltung der Konkurrenz der natürlichen Mitbewerber können Bäume praktisch auch im ganzen Steppen- oder Präriegebiet wachsen.

Es ist deshalb nicht weiter verwunderlich, wenn man heute überall in der Pampa Bäume pflanzen kann. Meistens muß man aber ihnen doch noch in den ersten Jahren eine gewisse Pflege angedeihen lassen. Daß in den kleinen Forsten eine natürliche Verjüngung eintritt, ist nicht bekannt. Die *Eucalyptus*-Arten wurzeln sehr flach und werden bei Sturm leicht umgeworfen.

Bestimmte Aussagen über die ursprüngliche Pampavegetation zu machen, ist heute nicht leicht, weil vom Menschen unbeeinflusste Schutzflächen fehlen. Aber es ist eine Beobachtung, die man in allen Grasländern gemacht hat, daß die ursprüngliche Vegetation sich leicht regeneriert, wenn man eine Fläche ein oder mehrere Jahrzehnte sich selbst überläßt⁷⁾.

Würden die menschlichen Eingriffe in der heutigen Pampa aufhören, so ist anzunehmen, daß zunächst eine Ausbreitung der Baumarten erfolgen könnte, wie es ELLENBERG annimmt. Nach der Regeneration der ursprünglichen Pampavegetation müßte jedoch diese Ausbreitung zum Stillstand kommen und die Verjüngung der Bäume würde außerhalb der natürlichen Gehölzstandorte verhindert; die leichte Beweidung durch einheimische Tiere und gelegentliche Grasbrände könnten zusätzlich die Grasvegetation begünstigen, so daß sich schließlich der ursprüngliche Zustand wie-

⁷⁾ In den osteuropäischen Steppen hat man die Erfahrung gemacht, daß bei einem absoluten Schutz die Steppe degradiert. Durch die anwachsende Streudecke werden die Horstgräser unterdrückt, der Boden wird feuchter, so daß Ausläufergräser (Quecke, Reitgras) eindringen und sich ausbreiten. Zu den natürlichen Faktoren der Steppe gehörte eine leichte Beweidung (Saiga-Antilope, Tarpäne, große und kleine Steppennagetiere) und gelegentlich durch Blitzschlag hervorgerufene Steppenbrände. Dasselbe gilt für die Prärie und die Pampa. Als Weidetiere sind für letztere zu nennen: die Pampahirsche, die Guanacos, der Nandu (Strauß), Gürteltiere, die Nager (*Viscacha* u. a.).

der einstellen dürfte. Brände durch Blitzschlag entstehen im Grasland häufig; die Statistik gibt z. B. für die noch erhaltene Prärie im Sandgebiet von Nebraska mit einer Fläche von 1400 qkm pro Jahr im Mittel 7 (max. 28) Grasbrände durch Blitzschlag an (KOMAREK 1966).

PARODI, CABRERA und VERVOORST gelang es, durch sorgfältigen Vergleich ausgezäunter Flächen, z. B. längs der Eisenbahnlinien oder der großen durchgehenden Straßen, die ursprüngliche Vegetation in den Hauptzügen zu rekonstruieren.

Diese Autoren stimmen darin überein, daß die ursprüngliche Pampa ein baumloses Grasland war.

Das Grasland zeigt in den einzelnen Gebieten und je nach den Standorten eine etwas verschiedene Zusammensetzung. Im Norden ist die zonale Vegetation sehr artenreich.

PARODI zählt 26 oft vertretene Graminiden auf, von denen 3 adventiv und eingebürgert sind. Neben *Stipa neesiana*, *St. papposa* und *St. hyalina* sind es 4 *Piptochaetium*-Arten, *Bothriochloa lagurioides*, 2 *Panicum*- und 2 *Paspalum*-Arten, *Bromus unioloides*, *Briza triloba*, *Melica rigida*, *Poa lanigera*, *Hordeum stenostachys*, *Eragrostis lugens*, *Eleusine tristachys* u. a.; dazu kommen 46 häufige Kräuter und eine Reihe seltenerer Arten.

Die Grasgesellschaft weist drei Schichten auf: Die oberste hauptsächlich aus Gräsern bestehende erreicht 40–80 cm Höhe, die mittlere bleibt unter 30 cm und die unterste, aus kriechenden Arten oder Rosettenpflanzen des Frühjahrsaspekts bestehend, ist nur bis 5 cm hoch.

Neben dieser Pampa auf den Erhebungen kommt eine andere in den feuchteren Niederungen vor: Als Übergang findet man dichte *Paspalum quadrifarium*-Bestände mit *Eryngium eburneum* u. a. An trockeneren Steilhängen der Täler wachsen die Horste (Tussocks) der *Stipa brachychaeta*, der dornigen *Melica macra* und anderer Gräser und Kräuter. Auf wechselfeuchten Standorten dominiert oft *Stipa papposa*, die einzige *Stipa*-Art der Pampa mit federigen Grannen. In Senken mit Soda- oder Salzanreicherung treten die entsprechenden Zeigerarten auf. Weitere Einzelheiten sind der Arbeit von PARODI zu entnehmen.

Ähnlich ist die Vegetation in der Salado-Niederung, nur treten hier weiter im Süden die Paniceen mehr zurück. Die zonale Vegetation ist auch hier ein 0,5–1,2 m hoch werdendes Stipetum. *Stipa neesiana* und *St. papposa* bestimmen den Aspekt im November bis Dezember. Im März dagegen dominieren die Blütenstände von *Bothriochloa lagurioides*. Zwischen diesen beiden Aspekten ist im Januar/Februar eine relative Ruhezeit. Dürreperioden von mehreren Wochen sind häufig, so daß die Pflanzendecke ein gelbes Aussehen annimmt. Auch im Winter sieht man nur vergilbte Grasblätter, obgleich Fröste selten sind⁸⁾.

Erst im Frühjahr, etwa Ende September – Anfang Oktober entwickeln sich die grünen Blätter und erscheinen die Blüten der Frühlingsannuellen und Geophyten, wie *Alophia amoena*, *Cypella herbertii*, *Nothoscordum montevidense*, *Sisyrinchium platense*, *S. laxum*, *Anemone decapetala* var. *foliosa*. Doch spielen die Kräuter in den Aspekten

⁸⁾ Dagegen blühen die adventiven mitteleuropäischen Unkräuter *Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Poa annua*, *Coronopus didymus* u. a. im Winter.

nie eine so große Rolle wie in den nördlichen Wiesensteppen oder in der Langgrasprairie.

Auf sehr schweren Böden der Salado-Niederung, die rasch austrocknen und in die dann der Regen schwer eindringt, herrscht oft, wie in der welligen Pampa, *Stipa papposa* vor. Die niederen Stellen nimmt auch hier die *Paspalum quadrifarium*-Gesellschaft ein, deren große Horste 0,8–1,5 m Höhe erreichen. In Depressionen mitten im Stipetum, die oft kaum 20 cm tief eingesenkt sind, in denen der Boden jedoch leicht vernäßt ist, überwiegen *Cyperus*- und *Carex*-Arten mit *Juncus microcephalus*. Dieses Cyperojuncetum leitet oft zu den verbrackten Senken mit *Distichlis* oder zu den Tümpeln mit *Solanum malacoxylon* (*glau-cum*) über. Weitere Einzelheiten bringt die sehr ausführliche Arbeit von VERVOORST.

Nicht ganz so klar sind die Verhältnisse weiter im Süden. Wir sahen im Gebiet von Rauch große Flächen dicht mit *Stipa brachychaeta* oder *Stipa trichotoma* bestanden. Da sie eine schlechte Weide darstellen, werden sie umgepflügt und einige Jahre als Acker genutzt. Aber diese *Stipa*-Arten kommen bald wieder. Man müßte genauer untersuchen, ob diese großen Horstgräser die natürliche Pflanzendecke bilden oder sekundär auftreten⁹⁾.

Stipa brachychaeta bildet in den unteren Blatt-scheiden kleistogame Blüten, fruchtet stark und breitet sich deshalb leicht aus. Man findet sie an Straßenrändern oder an gestörten Stellen, um die Häuser herum bis nach Buenos Aires.

Es ist durchaus möglich, daß der heute relativ sehr hohe Grundwasserspiegel in der Salado-Niederung eine sekundäre Erscheinung ist. Die starke Abweidung der Kunstweiden setzt den Wasserverbrauch der Grasdecke sehr wesentlich herab. Die Wasserverluste durch die Transpiration der ursprünglichen ungestörten Pampavegetation waren sicher viel höher. Eine größere Wasserabgabe bedeutet aber eine Senkung des Grundwasserspiegels. Der heutige hohe Grundwasserstand begünstigt die Sodaverbrackung und damit die Ausbreitung der unproduktiven *Distichlis*-Flächen.

Es wäre sicher nützlich, den Grundwasserstand unter verschiedenen Pflanzengesellschaften, beweideten und unbeweideten im Laufe mehrerer Jahre dauernd zu beobachten.

Bei dem hohen Grundwasserstand könnte man sich fragen, warum nicht Bruchwälder, ähnlich den Erlen-Bruchwäldern in Europa, von solchen Flächen Besitz ergreifen. Aber man muß bezweifeln, daß in der einheimischen Baumflora geeignete Arten vorhanden sind. Außerdem ist ja an solchen Standorten, wie die Lagunen beweisen, das Wasser sodahaltig mit sehr hohen pH-Werten, was wohl keine Baumart verträgt,

⁹⁾ Es scheint, daß das Stipetum *brachychaetae* die höchsten Flächen mit Brunosem einnimmt, also das nördliche artenreiche Stipetum ersetzt. Dagegen findet man das Stipetum *trichotomae* in mittleren Lagen zwischen dem ersteren und dem schon grundwassernahen *Paspaleum quadrifarium*. Wenn dagegen Verbrackung eintritt, leitet es zum *Spartinetum montevidensis* bzw. *Distichletum* über.

und schließlich dürften diese Böden zwischendurch in periodisch auftretenden Dürre Jahren sehr stark austrocknen, was wiederum Baumarten, die an Grundwasser gebunden sind, z. B. *Salix humboldtiana*, der Charakterbaum des Paraná-Deltas, nicht aushalten.

Auf die Vegetation der westlichen sandigen Pampa wollen wir nicht weiter eingehen. Es handelt sich hier schon um ein Gebiet mit ausgesprochen aridem Klima. Die üblichen gepflanzten Bäume einschließlich *Eucalyptus camaldulensis*, *Eu. sideroxylon*, *Eu. viminalis*, *Melia azederach*, *Cupressus lusitanica*, *Olea europaea*, *Ficus carica* und selbst die Palme *Trachycarpus fortunei* gedeihen auch hier. Es werden mit Erfolg Windschutzstreifen zur Verhinderung von Sandverwehungen angelegt.

Die ersten Exemplare von *Prosopis caldenia*, die 100 km weiter westlich schon Waldungen bilden, treten bereits in diesem Gebiet auf. Wir kommen darauf noch zurück.

Wichtiger ist es für uns, daß offenes Grasland ohne Bäume noch viel weiter im Norden, in der Provinz Entre Rios, verbreitet ist. Die Niederschläge sind hier noch höher als in der Prov. Buenos Aires. Das Gebiet ist auf einer Karte von BAEZ (1937) als Grasland eingezeichnet und nimmt den Süden der Provinz mit Ausschluß des Delta- und Prädelta-Gebietes, die sumpfig sind, ein. Von hier erstreckt sich ein Ausläufer im Westen bis etwas nördl. von Paraná und ein weiterer im Osten bis fast an die Grenze der Provinz Corrientes. Daß es sich nicht um anthropogen bedingtes offenes Gelände handelt, geht schon aus den Aufzeichnungen von LORENTZ hervor, der dieses Gebiet im Februar 1876 bereiste, als es noch kaum besiedelt war und kaum beweidet wurde.

Wir finden folgende Eintragungen von ihm auf seinem Rückweg von Concordia nach Concepción über das höher gelegene, wellige Land im Westen vom Rio Uruguay: (S. 84) „das Land ist meist üppiges frischgrünes mit dichtem Grasland bekleidetes Weideland.“ „Zuweilen findet sich in den Bajos und an den Lehnen der Hügel dünner lockerstehender Algarobben- und Nandubaywald, gelegentlich mit einigen Talas, zuweilen sehen wir aber auch tagelang weder Baum noch Strauch.“¹⁰⁾ Erwähnt wird auch, daß fast kein einziges Stück Vieh zu sehen war. Ebenso beschreibt KAHL einen Ritt von Paraná nach Concordia im Jahre 1875: Zuerst geht es durch Pampa, dann durch die Waldungen des Montiel, wobei der Rio Gualeguay hier die östliche Grenze der Waldungen bildet. Nachdem das Flußtal verlassen ist, heißt es S. 140 wörtlich: „Das Land nimmt hier durchaus den Pampa-Charakter an – wellenförmig gebildet – in den Niederungen kurzes Gras, auf den Höhenzügen büschelartiges Pampa-Gras – zeigt es weit und breit keinen Baum noch Strauch.“ Auch er betont das Fehlen von Menschen und Vieh und gibt an, daß der Boden aus schwarzem Humus besteht; nur in den Tälern kommen Gebüsch und Mimosaceen vor.

¹⁰⁾ Algarobbo negro ist *Prosopis nigra*, Nandubay ist *Prosopis algarobillo*, Tala ist *Celtis spinosa*.

Interessant ist die Bemerkung von LORENTZ S. 45 „fast alle Gewässer sind ein wenig salzig. Eine Lagune mit süßem Wasser ist eine Seltenheit“. Beim Rückweg erwähnt er auf S. 84 „Auch auf den flachen Hügelrücken treffen wir nicht selten Lagunen.“ Also bilden sich hier wie in der Provinz Buenos Aires abflußlose Wasserbecken mit brackigem Wasser (Soda).

Wir durchfuhren dieses Gebiet im November 1966 auf der Strecke Gualeguaychú–Gilbert–Rosario del Tala–Macia–Viale–Paraná und auf dem Rückweg von La Paz über Federal–Concordia–Concepción del Uruguay–Gualeguaychú zum Paraná-Delta.

Der Charakter der Landschaft hatte sich in den 90 Jahren nicht wesentlich geändert. Bis zum Rio Gualeguay vor Rosario del Tala auf dem Hinweg und vom Rio Gualeguay nach Osten in der Richtung Concordia auf dem Rückweg herrschte offenes Grasland vor. Nur war es zum Teil in Ackerland umgewandelt worden, zum Teil wurde es stark beweidet, so daß es verunkrautete. Im Auto legt man diese Strecken in wenigen Stunden zurück, für die LORENTZ viele Tage brauchte. Man erhält deshalb leichter einen Überblick und merkt, daß doch überall in den Tälchen und an den feuchteren Südhängen Reste von früher wohl noch dichteren Waldungen vorhanden sind. Nur die Höhenrücken sind ganz frei von Bäumen, sonst findet man einzelne *Prosopis algojobilla*, *P. nigra*, *Acacia caven* oder *Celtis spinosa*. Je weiter man nach Norden kommt, desto höher gehen die Bäume an den Talhängen hinauf; hinter Rosario del Tala waren früher wohl nur die Kuppen frei, und vor Macia muß der Wald ursprünglich das ganze Gelände bedeckt haben. Das Landschaftsbild erinnert, wenn man von den floristischen Unterschieden absieht, täuschend an die nördliche Waldsteppe in Osteuropa oder an die Prärie im Grenzgebiet zum Walde. Es handelt sich in allen diesen Fällen um ein Makromosaik von reinem Grasland und Waldungen, die ganz bestimmte Standorte einnehmen, sich bei zunehmender Aridität immer mehr in die Täler zurückziehen und schließlich nur als schmaler Galeriewald in den Auen die Wasserläufe begleiten.

Reste eines natürlichen Graslandes fand man 15 km östlich von Gualeguaychú. Es war beweidet, aber zeigte noch die typische Zusammensetzung der nördlichen Stipeten mit stark dominierender *Stipa neesiana*.

Der Unterschied gegenüber den Verhältnissen auf der Nordhemisphäre besteht darin, daß dort im allgemeinen der Wald von Baumarten gebildet wird, die dicht zusammenschließen, also schattige Wälder bilden mit einer richtigen Waldbodenvegetation. In Entre Rios sind es dagegen subtropische Mimosaceen, die wie *Prosopis* und *Acacia* niedrige und häufig offene Waldungen oder besser dornige Gehölze (Espinales) bilden. Die Graslandvegetation dringt, soweit die Arten etwas Schatten ertragen, in diese Gehölze ein.

Bezeichnend ist oft *Stipa hyalina*, die auch um Buenos Aires mit Vorliebe unter Bäumen wächst, *Bromus unioloides* und *Bromus auleticus*, der an den europäischen *Bromus erectus* erinnert. Aber auch *Stipa neesiana*, *St. charruana*, *Piptochaetium stipoides*, *P. eryanthum*, *Briza subaristata*, *Melica macra*, *M. papilionacea* gehen in diese Waldungen hinein, so daß die Grenze zwischen dem Grasland und den Gehölzen wenig scharf ist, namentlich heute unter den stark durch Beweidung und Holznutzung gestörten Verhältnissen.

Auf der neuesten pflanzengeographischen Karte von Argentinien, die CABRERA im Band III (1958) des Handbuchs „La Argentina-Suma de Geografía“ bringt, wird der ganze südliche und östliche Teil der Provinz Entre Rios mit Ausnahme der großen Flußniederungen des Paraná und Uruguay zur „Provincia Pampeana“ zusammen mit der Provinz Buenos Aires gerechnet, aber als „Distrito uruguayense“ unterschieden. Vielleicht wäre es richtiger, nicht von einer reinen Graspampa zu sprechen, sondern von einer Espinal-Graspampa, von einem Makromosaik dorniger Gehölze mit offenem Grasland, die beide miteinander so verflochten sind, daß sie zusammen eine geographische Einheit bilden, ähnlich wie es bei der Waldsteppe von Osteuropa der Fall ist.

Es wäre auch zu überlegen, ob man diese Einheit nicht auch auf den nördlichen und östlichen Randstreifen der Provinz Buenos Aires ausdehnen sollte, den CABRERA zur Provincia Espinal rechnet, wenigstens soweit *Celtis spinosa*, der Tala, verbreitet ist (s. Karte bei PARODI 1940), also vom Paraná bis Mar del Plata. Denn hier handelt es sich um ein Makromosaik des Graslandes mit z. T. sehr dichten Tala-Waldungen. Nur ist die standörtliche Gliederung in diesem Gebiet anders. Entsprechend dem sehr ebenen Relief nimmt der Wald hier die besser drainierten Böden ein, die meistens auch kalkhaltig sind.

Das sind, wie PARODI betont:

- a) Steile Böschungen (barrancos), zum Fluß oder Erdrutsche, auf denen auch der merkwürdige Ombu (*Phytolacca dioica*) seine natürlichen Fundorte hat.
- b) Auf dichten Böden mit welligem Relief, wenn in geringer Tiefe Toska ansteht.
- c) Auf unbeweglichen Dünen mit sehr leichten Böden, die nach Abholzung durch Wind erodiert werden.
- d) Auf marinen Muschelbänken, die bis 7 m mächtig sind und sich 10 m (45 m) über NN erheben, wobei die Grenze dieser Waldungen genau mit diesen Ablagerungen zusammenfällt, während zwischen den Ablagerungen niedriges Grasland wächst.

Auch diese Verhältnisse entsprechen denen in der Waldsteppe. Im Grenzbereich von Wald und Steppe sind bei gleichen klimatischen Verhältnissen kleinste Unterschiede in der Wasserführung des Bodens für den Wettbewerb entscheidend entweder zugunsten des Waldes oder des Graslandes. Auf Sandböden und Felsrücken geht der Wald weit in das Steppengebiet oder in die Prärie hinein. Andererseits dringt auf Lößböden die Steppe in die Waldzone vor.

Die Ansicht, daß es sich in Entre Rios um natürliches offenes Grasland im Grenzbereich zwischen den Waldungen des Espinal und der Pampa handelt, wird durch die Werte der potentiellen Evaporation bestätigt.

Wir besitzen allerdings nur wenige Daten aus dieser Provinz: Unmittelbar am Rio Uruguay, in Concordia und Concepción del Uruguay ist die Wasserbilanz wie in Buenos Aires gerade ausgeglichen. Die übrigen Stationen, die alle im Bereich des Graslandes liegen, weisen negative Bilanzwerte auf. Die Defizite betragen bei Mazaruca und Gualeguay etwa 100 mm, bei Gualeguaychú und bei Paraná (Alberdi) etwa 200 mm. Aus dem Montiel-Gebiet liegen keine Messungen vor. Defizite dürften kaum auftreten. Dürrejahre kennt man auch aus diesem Pampagebiet: Im Sommer 1949/50 erhielt Gualeguaychú in den fünf Sommermonaten (Okt.–Febr.) nur 135 mm Regen. Aus der benachbarten Provinz Santa Fé hat Casilda im Pampagebiet ein Defizit von 200 mm. Dieses ist in Rafaela, weiter nördlich, noch viel größer, etwa 460 mm, aber zugleich handelt es sich dort bereits um einen anderen Klimatypus, um ein mehr subtropisches Sommerregengebiet, wie im Chaco, wo die Wasserbilanz ebenfalls stets negative Werte aufweist. Das Grasland ist an ein leicht semiarides Klima, aber zugleich an eine andere Regenverteilung gebunden. Man darf nicht einen Faktor, z. B. das Wasserdefizit, getrennt betrachten, sondern muß stets die gesamte Konstellation der Außenfaktoren beachten.

9. Die Gehölze im Westen und Südwesten von der Pampa

Die Pampa ist von allen Seiten, in Entre Rios und Santa Fé, an der atlantischen Küste, aber auch in den Provinzen Cordoba, San Louis und La Pampa von physiognomisch sehr ähnlichen dornigen Waldungen oder Gehölzen umgeben, die CABRERA (1958) als „Provincia del Espinal“ zusammenfaßt. Diese Tatsache bereitete die Hauptschwierigkeit bei der Lösung des Pampaproblems. Man stellte immer die Frage, warum diese Gehölze, die sowohl in einem gegenüber der Pampa humideren als auch arideren Klima wachsen, nicht in das Grasland vorgerückt sind und es verdrängten¹¹⁾.

¹¹⁾ Vor demselben Problem steht man in Texas (USA); auch dort geht der Wald mit zunehmender Aridität in Prärie über und diese ihrerseits in Gehölz-Savannen. Man bezeichnet im Deutschen alle Baumbestände als Wald. Man sollte für niedrige Bestände besser den Ausdruck „Waldung“ und bei sehr lichten, trockenen „Gehölz“ verwenden (analog zum Englischen „Woodland“). Die Pampa grenzt an humidere bzw. aridere Gehölze. Gehölze bzw. Gebüsche gehen, immer lichter werdend, oft bis in die Wüste hinein, z. B. die Saksaul-Gehölze in Mittelasien (Kara-Kum). Viele Mißverständnisse entstehen dadurch, daß man von Wald spricht, selbst wenn die Bezeichnung nicht angebracht ist.

Man übersah dabei, daß die floristische Zusammensetzung des Espinal im Norden, im Westen und im Osten nicht identisch ist. CABRERA unterscheidet im Norden den „Distrito des Nandubay“ (*Prosopis algarobillo*), im Nordwesten den „Distrito des algarrobo“ (*Prosopis nigra* und *P. alba*), im Westen den „Distrito del caldén“ (*Prosopis caldenia*) und im Osten den „Distrito del tala“ (*Celtis spinosa*) und gibt die entsprechenden Begleitarten an, die wir hier nicht wiederholen wollen. Die ökologischen Ansprüche der hier genannten Leitarten und ihrer Begleiter sind verschieden. Die einen verlangen ein humides Klima ohne Wasserdefizite, die anderen kommen mit weniger Niederschlägen, namentlich in den Wintermonaten aus, und können größere Wasserdefizite von z. B. 850 mm in Santa Rosa (La Pampa) vertragen. Auch die Wärmeansprüche und die Frostresistenz sind unterschiedlich. Ihre Wettbewerbsfähigkeit wird also gegenüber der Graslandpampa durchaus nicht gleich sein.

Die Konkurrenzkraft von *Prosopis caldenia* gegenüber dem Grasland scheint in der Prov. La Pampa z. B. bei größerer Aridität zuzunehmen. Denn wir finden bei FRENGUELLI und CABRERA (1939) folgende sehr wichtige Notiz (S. 90): „Y los lugareños están convencidas de que es precisamente durante las sequias prolongadas que el bosque de caldén se dilata y avanza hacia la estepa herbácea“, zu deutsch: „Die Ortsansässigen sind überzeugt, daß gerade während langer Dürrezeiten der Caldén-Wald sich ausbreitet und gegen die Grassteppe vordringt.“

Wenn diese Feststellung zutrifft, und wir haben keinen Grund, sie zu bezweifeln, dann ist es durchaus verständlich, daß bei zunehmenden Niederschlägen in der Provinz Buenos Aires die Caldén-Gehölze von der Grasland-Pampa abgelöst werden. Bei den Waldungen im Norden scheint es genau umgekehrt zu sein: Mit zunehmender Trockenheit ziehen sie sich zunächst auf die feuchten Standorte zurück und verschwinden dann ganz.

Soweit es sich um ältere lichte Bestände von *Prosopis caldenia* (Caldenal) handelt, ist der Boden der Gehölze von einer Grasschicht bedeckt. In dieser herrschen wiederum *Stipa*-Arten vor, aber andere als in der Pampa. Es sind in den *Prosopis caldenia*-Beständen *Stipa tenuissima* und *St. gynerioides*, die Horste bilden und eine Deckung von etwa 50 % aufweisen.

Diese Gehölze erinnern sehr an die *Acacia giraffae*-Bestände in Südwestafrika, die auch eine Grasschicht aber aus *Aristida*-Arten besitzen. Zwischen den Holzarten und den Gräsern herrscht dort ein ökologisches Wettbewerbsgleichgewicht. Werden die Gräser durch zu starke Beweidung vernichtet, so können die Sämlinge der Holzarten ungestört heranwachsen, weil der Wettbewerb der Graswurzeln fehlt. Es tritt eine Verbuschung ein, d. h., der Holzbestand wird so dicht, daß kein Gras mehr aufkommt und die Fläche als Viehweide vollkommen wertlos wird (WALTER 1954,

S. 99–107). Genau dieselbe Erscheinung konnte auf einigen Estancias in der Provinz La Pampa beobachtet werden, immer dort, wo zugleich eine starke Flächenerosion eine viele Jahre andauernde Überweidung anzeigte.

Eine völlige Schonung dieser Flächen wird kaum zu einer raschen Verbesserung führen. Im Gegenteil konnte auf einer sieben Jahre völlig geschützten Fläche, allerdings schon in einem trockeneren Gebiet (westlich von Gen. Acha) festgestellt werden, daß viel totes Material sich ansammelt. Zugenommen hatten die Büsche *Prosopis alpataca*, *P. striata* und *Condalia microphylla*, weniger *Lycium chilense* und *Chiquiraga*. *Larrea* war z. T. abgestorben. Die Grashorste waren praktisch alle tot. Günstiger scheint es zu sein, die verbuschten Flächen im Februar abzubrennen und dann diese Flächen vor Beweidung zunächst völlig zu schützen. Die Sträucher schlagen etwas aus, aber die Gräser haben eine bessere Chance sich anzusiedeln. Nur müssen auf den benachbarten Flächen noch genügend fruchtende Grashorste sein, um eine Aussaung zu ermöglichen. Sind die Gräser herangewachsen, dann ist eine leichte Beweidung wieder möglich. Äußerst schädlich ist es jedoch, wenn man nach dem Abbrennen das junge austreibende grüne Gras gleich abweiden läßt. Es lassen sich jedoch für dieses kontrollierte Abbrennen und den darauffolgenden Weideschutz keine allgemeingültigen Anweisungen geben. Je nach dem Holzbestand, dem Klima und dem Boden wird man den Zeitpunkt des Abbrennens und die Dauer des Weideschutzes abändern. Sehr ungünstig ist es, wenn nach dem Abbrennen ein Dürrejahr folgt und die Graskeimlinge vertrocknen und statt dessen Unkräuter aufkommen. Auf jeder Estancia wird man

die geeignetsten Maßnahmen und zugleich auch solche, die mit den geringsten Kosten durchzuführen sind, ausprobieren müssen.

Die Grenze zwischen der Graslandpampa und dem Caldenal ist durch Rodungen nach Westen verschoben worden. An einzelnen stehengebliebenen alten Bäumen kann man die frühere Grenze noch erkennen. Sie fällt auf der Strecke Pellegrini–Santa Rosa fast genau mit der Grenze zwischen der Provinz Buenos Aires und der Provinz La Pampa zusammen (vgl. COVAS, 1964).

Diese scharfe Grenze ist wohl nicht rein klimatisch, sondern auch durch den Wechsel der Bodenarten bedingt. Wie TERUGGI uns mitteilte, verläuft gerade an dieser Stelle eine Verwerfung. Das im Westen anstehende Pliozän mit einer Sandüberdeckung ist 32 m abgesunken, so daß im Osten Pleistozänschichten anstoßen, die völlig eben sind und einen sehr hohen Grundwasserstand besitzen. Sie neigen zur Verbrückung; an der Straße sieht man nur *Tamarix*-Hecken; auch *Distichlis*-Flächen kommen vor. Nur auf einer Sandinsel sah man östlich der Verwerfung einen Calden-Baum. Fährt man durch die Calden-Gehölzzone weiter nach Westen, etwa von Victorica nach Santa Isabel durch die Travesia (Durststrecke), also das große Sanddünengebiet, so nehmen die Niederschläge rasch ab (Victorica etwa 500 mm, Santa Isabel etwa 300 mm). Entsprechend ändert sich der Vegetationscharakter. Wir bekommen eine Vegetationsfolge auf sandigen Böden, wie wir sie in ähnlicher Form und bei ähnlichen Niederschlagshöhen von Südwestafrika her kennen. Die Gehölze werden lichter, sie gehen in eine Baumsavanne über, diese wird dann zur Strauchsavanne und weiterhin zur Busch-

Tabelle 2:

Vegetation	Bodenart	Klima	Niederschlag
<i>Prosopis nigra</i> – <i>P. algarobillo</i> – Waldungen <i>Acacia caven</i> – <i>Celtis spinosa</i> – Gehölze	verschieden	humid	> 1000 mm
Übergangszone der Espinal-Graslandpampa – Makromosaik Nordöstliche artenreiche Graslandpampa } Pampagebiet Trockenere artenärmere Graslandpampa }	Lößböden	semiarid	1000 mm bis 500 mm
Übergangszone vielleicht savannenartig – heute Kulturland <i>Prosopis caldenia</i> – Gehölze (mit <i>Stipa</i> -Arten) <i>Prosopis caldenia</i> – Baumsavanne (keine <i>Stipa</i>) <i>Prosopis caldenia</i> – <i>P. flexuosa</i> – Strauchsavanne <i>Prosopis alpataco</i> } <i>Neosparton aphyllum</i> } Buschsavanne <i>Ephedra ochreatea</i> } <i>Schinus polygamus</i> } <i>Elionurus viridulus</i> – Grasland (ohne Holzpflanzen auf trockenen Dünenrücken)	Sandböden, z. T. Dünen, Unterschiede durch Relief nicht berücksichtigt	arid	< 500 mm 300 mm
Strauch-Halbwüste mit <i>Larrea</i>	steinig	sehr arid	200 mm

savanne. In Südwestafrika folgt bei noch geringeren Niederschlägen ein reines xerophiles Grasland. In der Provinz La Pampa wird jedoch diese Vegetationsfolge vor Santa Isabel durch die große Bracksenke, in der der Rio Atuel und der Rio Salado (der Prov. La Pampa) versickern, unterbrochen. Man findet zwar vorher schon Grasflächen ohne Holzpflanzen mit dominierendem *Elionurus viridulus*, aber nur an trockenen Standorten auf den Dünenkämmen. Westlich von der Bracksenke ist der geologische Untergrund anders, die mächtige Sandüberdeckung fehlt und die Böden sind flachgründig. Bei nur 200 mm Niederschlag kommt hier eine Strauch-Halbwüste mit *Larrea*, dem Kreosotbusch, zur Herrschaft.

Diese komplizierte Vegetationsfolge von der Provinz Entre Rios durch die Provinz Buenos Aires und die Provinz La Pampa bis an die Grenze der Provinz Rio Negro können wir in Tab. 2 (S. 201) kurz zusammenfassen.

Dieses Schema versucht die Grundlinien der Pflanzengliederung stark vereinfacht darzustellen, ohne die Unterschiede, die durch das Relief und wechselnde Bodenverhältnisse bedingt werden, zu berücksichtigen. Es ist auch jeweils nur die zonale Vegetation genannt, soweit sie sich aus noch vorhandenen Resten rekonstruieren läßt. Eine spezielle eingehende Untersuchung wäre zur Nachprüfung notwendig.

Literatur

- BAEZ, J. R. (1937): Area de dispersión actual de las palmeras en la flora de Entre Rios. – Anal. Soc. Arg. Est. Geogr. GAEA 5: 63–78 (Buenos Aires).
- BONFILS, C. G. (1962): Los suelos del delta del Rio Paraná. – Revista Investigat. Agrícolas 16: 257–370.
- (1966): Rasgos principales de los suelos pampeanos. INTA, No. 97, Buenos Aires.
- BRACKEBUSCH, L. (1893): Über die Bodenverhältnisse des nw. Teiles der Argentinischen Republik mit Bezugnahme auf die Vegetation. Peterm. Mitt. 39: 153–166.
- BURGOS und VIDAL: S. in La Argentina.
- BURKART, A. (1957): Ojeada sinoptica sobre la vegetación del delta del Rio Paraná. – Darwiniana 11: 457–561.
- CABRERA, A. L. (1936): Apuntes sobre la vegetación de las dunas de Juancho. – Notas Museo de la Plata 1: 207 bis 236.
- (1945): Apuntes sobre la vegetación del Partido de Pellegrini. – DAGI (Buenos Aires) 3: 1–86.
- (1949): Las comunidades vegetales de los alrededores de la Plata. Lilloa 20: 269–376.
- (1958): Fitogeografía in Tomo III, Cap. II „La Argentina. Suma de Geografía“ (Buenos Aires).
- CAPPANNINI, D. A., y DOMINGUEZ, O. (1961): Los principales ambientes geodafológicos de la Provincia de Buenos Aires. – IDIA, No. 163: 33–39.
- Conferencia Latinoamericana (1963): Las tierras aridas y semiaridas de la Republica Argentina. Buenos Aires.
- COVAS, G. (1964): Los territorios fitogeograficos de la Provincia de La Pampa. – Apuntes para la Flora de La Pampa 4. INTA, Buenos Aires.
- DE MARTONNE, E. (1935): Problèmes des régions arides sud-americanes. Ann. de Géogr. 44: Nr. 247.
- ELLENBERG, H. (1962): Wald in der Pampa Argentinien? Veröff. Geobotan. Institut (Zürich), H. 37: 39–56.
- FRENGUELLI, J. (1925): Loess y limos pampeanos. – Ser. Técn. Didact. No. 7. La Plata (Neudruck 1955).
- (1941): Rasgos principales de fitografía argentina. – Revista Museo La Plata (N. S.), Bot. 3: 65–181.
- FRENGUELLI, J., y CABRERA, A. L. (1939): Viaje a la Gobernación de La Pampa. – Revista Museo de La Plata 1938: 70–91
- GALMARINI, A. G. (1961): Caracterización climática de la Provincia de La Pampa. – Operación Carnes No. 13 (Buenos Aires).
- GRISEBACH, A. (1872–1878): La végétation du Globe, d'après sa disposition suivant les climats (traduct. de P. de Tchihatchef). 2 vols. Paris 1877/78.
- (1872): Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung, Band II, Leipzig.
- GRÖBER, P. (1952): Quartäre Vereisung Nordpatagoniens. – Südamerika (Buenos Aires) 1: 11–16.
- HAUMANN, L., BURKART, A., PARODI, L. R., y A. L. CABRERA (1947): La vegetación de la Argentina. – Geogr. de la Republ. Argentina, Tomo VIII.
- INTA (1963): Utilización y conservación del suelo. Publ. No 56 del ISA. Buenos Aires.
- KAHL, A. (1875): Eine Diligence-Fahrt durch die Pampa. – La Plata – Monatsschr. 3: 26 ff.
- (1875): In Entre Rios. – La Plata – Monatsschr. 3: 135–141.
- KOMAREK, E. V. (1966): The meteorological basis for fire ecology. Proc. 5. Ann. Tall Timbers Fire Ec. Conf., Tallahassee, Florida.
- KÜCHLER, A. W. (1964): Potential natural vegetation of the conterminous United States. – Amer. Geogr. Soc., Spec. Public. No. 36.
- KÜHN, F. (1922): Fundamento de Fisiografía Argentina (Buenos Aires).
- (1927): Argentinien, 2 Bde. Breslau.
- (1929): Der Steppencharakter der argentinischen Pampa. Peterm. Mitt. 75: 57–62.
- LAUER, W. (1952): Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonner Geogr. Abhandlg., H. 9, 9–98.
- (1960): Klimadiagramme. *Erdkunde*, Bonn, 232–242.
- La Argentina: Suma de Geografía (1958–1960). 6 vols. (Buenos Aires).
- LORENTZ, P. G. (1875): Reiseskizzen aus Argentinien. Buenos Aires.
- (1876): Ferienreise eines argentinischen Gymnasial-Schullehrers mit seinen Schülern. – NAPP's La Plata – Monatsschr. 4. Jahrg. (Buenos Aires).
- (1878): La vegetación del nordeste de la Provincia de Entre Rios. Neudruck: Paraná 1947.
- PAPADAKIS, J. (1962): Avances recientes en el estudio hídrico de los climas. – IDIA (Buenos Aires) No. 175: 1–28.
- (1963): Soils of Argentina. – Soil Science 95: 356–366.
- PARODI, L. R. (1930): Essayo fitogeografico sobre el Partido de Pergamino. – Revista de la Facult. de Agron. y Veterin. 7: 65–271.
- (1934): La vegetación de Reconquista. – Rev. Geogr. Americana No. 6: 389–407.

- (1940): La distribución geográfica de los talares en la provincia de Buenos Aires. – *Darwiniana* 4: 33–56.
- (1940): Los bosques naturales de la Provincia de Buenos Aires. – *Ann. Acad. Nac. Cienc. Exact., Fis. y Nat.* 7: 79–90.
- (1941): Viaje a la región de Bahía Blanca. – *Rev. Museo de La Plata* 1940: 69–78.
- (1942): Por que no existen bosques naturales en la llanura bonariense si los árboles crecen en ella cuando se los cultiva? – *Agronomía* 30: 387–390 (Buenos Aires).
- (1945): Las regiones fitogeográficas argentinas. – *Plants and Plant Science in Latin America* (Chron. Bot.).
- Petroni, R. I. (1963): Factores edáficos limitantes al cultivo de algunas forrajeras en el partido de Azul. – *IDIA* No. 184: 19–32.
- RAGONESE, A. (1941): La vegetación de la Provincia de Santa Fé. – *Darwiniana* 5: 369–416.
- RAGONESE, A. E. y COVAS, G. (1947): La flora halofila del sur de la Provincia de Santa Fé. – *Darwiniana* 7: 401–496.
- RINGUELET, E. J. (1935): Datos ecológicos sobre las aguas de los ríos Samborombón y Salado de Buenos Aires. – *Notas Museo de la Plata* 1: 159–175.
- SANTIS, L. de (1941): La vizcacha de la Provincia de Buenos Aires. – *Direcc. Agric., Ganad. e Industr. (La Plata)*.
- SCHMIEDER, O. (1927): The pampa a natural or culturally induced grass-land? – *Univ. of Calif. Publ. in Geography* 2: 255–270.
- (1929): Das Pampaproblem. – *Peterm. Geogr. Mitteil.* 75: 246–247.
- SIRAGUSA, A. (1964): Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires. – *GACA* (Buenos Aires), 12: 93–122.
- (1964 a): Contribución al conocimiento de las toscas de la República Argentina. – *GACA* (Buenos Aires), 12: 123–148.
- STAPPENBECK, R. (1926): *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. Stuttgart.
- STIEBEN, E.: *La Pampa, su historia, su geografía, su realidad y porvenir*. – *Penser* (Buenos Aires).
- TERUGGI, M. E. (1957): The nature and origin of Argentine loess. – *J. Sedim. Petrol* 27: 322–332.
- (1955): Algunas observaciones microscópicas sobre vidrio volcánico y ópalo organógeno en sedimentos pampanos. – *Notas Museo de La Plata* 18 a (Geología), No. 66: 17–26.
- VERETTONI, H. N. (1961): *Las asociaciones del Partido de Bahía Blanca*, Festschrift Bahía Blanca.
- VERVOORST, F. B. (im Druck): *Las comunidades vegetales de la depresión del Salado* (Prov. Buenos Aires).
- WALTER, H. (1935): Warum ist die Prärie von Natur aus baumlos? – *Geogr. Ztschr.* 41: 16–26.
- (1943): *Die Vegetation Osteuropas*. 2. Aufl. – Parey Berlin.
- (1954): *Die Grundlagen der Weidewirtschaft in Südwestafrika*. – Verlag Ulmer, Stuttgart.
- (1960): *Standortslehre*. – *Phytologie* Bd. III, Teil 1, Verlag Ulmer, Stuttgart.
- (1964): *Die Vegetation der Erde*, Bd. I, 2. Aufl. Gustav Fischer, Jena–Stuttgart.
- (1966): *Das Pampaproblem und seine Lösung*. *Ber. Dt. Bot. Ges.* 79, 377–384.
- WEAVER, J. E. (1954): *North American prairie*, Lincoln (Nebraska).
- WEAVER, J. E. and CLEMENTS, F. E. (1938): *Plant Ecology*. – New York.
- WILHELMY, H., und ROHMEDE, W. (1963): *Die La-Plata-Länder*. Braunschweig.

PERIODISCHE UND APERIODISCHE WASSERSTANDSSCHWANKUNGEN DES LAACHER SEES

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

INGRID HENNING

Summary: Periodic and aperiodic water-level variations in the Laacher See

As a contribution to the hydrology of the Eifel lakes, the records of the water-level gauge on the Laacher See were examined.

At the time of summer stagnation, oscillations occur with the periodicity of the internal wave movement (*Seiches*). Until now, internal wave movement could only be determined by temperature registration inside stratified water masses. Direct observations on a lake surface were made for the first time on the Laacher See. The aperiodic water-level variations show unusually high reserves in the lake basin and show also the extreme relationships of the hydrologic years 1965 and 1966. The connections between lake water-levels and precipitation are presented, and show that the Laacher See receives all its water from precipitation.

The mean annual precipitation at the Maria Laach monastery for the period 1930–1959 was 653 mm. These water receipts are sufficient to cover discharge and eva-

potranspiration. Thus the theories which claim additional groundwater supplies from an area outside the surface watershed or from juvenile water are refuted.

Einleitung

Der Laacher See gehört zu den Maaren der Ost-eifel und liegt um 50° 24,5' n. B. und 7° 16' ö. L. Seine Längserstreckung beträgt rd. 2250 m, seine geringste Breite rd. 1450 m. Er bedeckt eine Fläche von 3,3 km². Das 11,6 km² große Einzugsgebiet stellt ein allseitig geschlossenes Becken dar (Abb. 1). Nur im Südwesten, wo der einzige teilweise oberflächlich fließende Zufluß auftritt, ist die Wasserscheide vom Seeufer relativ weit entfernt. In seinem östlichen Teil ist das Seebecken um 51,5 m Tiefe auf einer verhältnismäßig großen Fläche fast eben; die genannte Tiefe ist zugleich die Maximaltiefe des Sees. Nord- und Ostufer fallen – maximal um 224 m – steil, Süd- und